Plasma Cleaning을 이용한 Si-wafer/Glass 기판의 fluxless soldering

Fluxless Soldering of Si-wafer/Glass Substrate using Plasma Cleaning

박창배, 홍순민*, 정재필, 강춘식*

서울시립대학교 재료공학과, *서울대학교 재료공학부

1. 서론

전자 부품을 기판에 접합하는 솔더링 공정 중에서, 기판과 솔더의 산화막 및 오염물을 제거하기 위해 플럭스를 사용한다. 그러나 플럭스는 자체적으로 환경 유해 물질일뿐만 아니라, 솔더링 후 플럭스를 제거하기 위해 주로 사용하는 세정제인 chlorinated fluorocarbon(CFC), CFC-113도 환경에 악영향을 미친다. 따라서 현재는 솔더링후 잔류 플럭스가 적은 무세정용 플럭스를 개발하여 사용하고 있다[1]. 하지만 전자부품이 소형, 고밀도화됨에 따라, 잔류 플럭스는 작은 양에도 가판과 소자에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 잔류 플럭스는 접합부의 부식과 전기적인 단락을 유발하여 솔더링의 신뢰성에 악영향을 줄 수 있다.

이러한 플럭스의 악영향을 배제하기 위해 현재 플럭스를 사용하지 않고 솔더링하는 무플럭스 솔더링법에 관한 연구가 진행되고 있다. 대표적인 방법으로 플라즈마를 이용하여 솔더 표면의 산화막 및 오염물을 제거하는 plasma cleaning 방법[2], 솔더링을 할 때 환원성 가스를 사용하여 산화막을 제거하는 방법[3], 그리고 레이저를 사용한 솔더링하는 공정[4] 등이 있다.

본 실험에서는 plasma cleaning을 이용하여 표면의 산화물과 오염물을 제거하고 재산화를 방지하기 위해 불활성 분위기에서 수행하는 무플럭스 솔더링에 관한 기초 연구를 하고자 한다.

2. 실험방법

솔더링을 하기 위한 실험시편은 P-type(100) Si-wafer(열팽창계수: 2.8ppm/℃)와 Si-wafer와 열팽창률 차이가 작은 Schott 8330 기판(열팽창계수: 3.3ppm/℃)으로 하였다. 각각의 Si-wafer와 유리기판에 솔더의 젖음성을 높이기 위해 Au/Cu/Cr을 순차적으로 증착하였다.

솔더는 Sn-37wt%Pb와 Sn-3.5wt%Ag를 사용하였다. 1×1×1㎝ 크기의 Sn-37Pb, Sn-3.5Ag 솔더를 100㎛ 두께의 박판 형태로 압연하였다. 펀치를 사용하여 압연된 솔더를 지름 6㎜의 디스크 형태로 절단하였다.

UBM이 증착된 Si-wafer 위에 솔더를 놓고 N_2 분위기에서 1차 무플럭스 솔더링을 하였다. 솔더링 온도는 Sn-37Pb는 230℃, Sn-3.5Ag는 260℃로 하였다.

1차 솔더링을 하여 솔더 범프를 형성한 후, 솔더 범프 표면의 오염물과 산화막을 제거하기 위하여 plasma cleaning 처리를 하였다. RF 플라즈마 장비로 Ar의 압력 20psi에서 클리닝을 하였다. 플라즈마의 시간과 출력에 따라 식각되는 솔더의 산화막을 측정하기 위해, 플라즈마 출력을 각각 200, 400, 500, 600W, 그리고 시간을 1, 5, 10, 12분 동안 변화시키면서 클리닝을 하였다. plasma cleaning 후 산소의 depth profile을 측정하여, plasma cleaning의 변수에 따른 산화막의 두께를 관찰하였다.

1차 솔더링된 Si-wafer를 출력 500W에서 4, 6, 8, 10, 12분 동안 plasma cleaning하였다. plasma cleaning된 시편은 대기중에서 4-5일 보관된 후에 2차 솔더링을 하였다. plasma cleaning된 시편을 유리기판 위에 두고 2차 무플럭스 솔더링을 하였다. 2차 솔더링 온도는 1차와 동일한 온도 230℃(Sn-37Pb), 260℃(Sn-3.5Ag)에서 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

1차 리플로우하는 과정에서 솔더의 용융이 발생하고, 솔더가 용융되는 과정에서 솔더의 표면에 산화막이 생성된다. 1차 리플로우과정에서 생성된 솔더의 산화막을 제거하기 위해 1차 리플로우된 시편을 plasma cleaning 처리를 하였다.

Fig. 1.a는 출력 200W에서 1분동안 plasma cleaning한 Sn-37Pb 시편의 표면을 AES로 분석한 것이다. AES는 SiO_2 기준으로 55Å/min의 속도로 식각하면서 측정하였다. 식각시간이 증가함에 따라

산소의 양은 점차 감소하였고, 약 6분 후에는 더 이상 감소하지 않았다. 그러나 400W에서 10분동안 plasma cleaning 처리를 한 Sn-37Pb 솔더의 경우, 식각시간이 증가함에 따라 산소의 양은 점차 감소하였고, 약 4.5분 후에는 더 이상 감소하지 않았다(Fig. 1.b 참조).

Plasma cleaning의 조건(출력, 시간)과 AES의 결과를 Fig. 2에 나타내었다. AES의 결과는 Ar으로 솔더표면을 식각함에 따라 검출되는 원소를 분석하여, 산화막층에서 금속층으로 전이되는 시간을 표시한 것이다. 산화막층에서 금속층으로 전이되는 시간은 출력과 시간에 따라 감소하였다. 따라서 높은 출력과 긴 시간의 plasma cleaning은 산화막을 제거하는데 좀 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

플라즈마 출력 600W, 시간 10min으로 plasma cleaning을 하였을 때, 그림 3a와 같이 솔더 표면에 손상이 나타났다. 그리고 AES의 산화막층에서 금속층으로 전이되는 시간은 2min으로 크게 증가한 것으로 나타났다(Fig. 2참조). 즉 솔더의 표면이 plasma cleaning 과정중 손상되어 전이 시간이 크게 증가한 것으로 사료된다. 손상된 표면은 400W-5min의 plasma cleaning 처리한 시편의 표면과 명확히 구분된다(Fig. 3.b참조).

Plasma cleaning된 Si 웨이퍼 시편을 플럭스를 사용하지 않고 N_2분위기에서 유리기판에 솔더링하였다. Fig. 4는 plasma cleaning 조건에 따른 유리기판에 무플럭스 솔더링되는 접합 비율을 나타내었다. 접합 비율은 500W에서 6분에서 12분에 걸쳐 플라즈마 시간에 따라 증가하였다. 시간에 따라 증가하는 접합비율은 Sn-37Pb의 경우 12분에서 100%, Sn-3.5Ag의 경우 80%이상의 결과를 가져왔다.

4. 결론

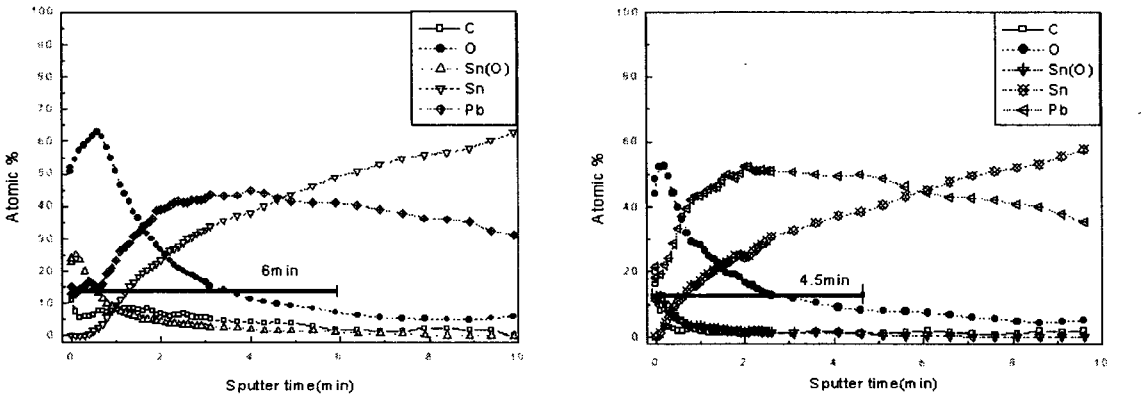
실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 출력이 크고 plasma cleaning 시간이 길어질수록, 솔더 범프 표면의 산화막을 제거하는데 효과적이었다. 그러나 plasma cleaning 출력 600W에서 10min동안 plasma cleaning 처리를 하였을 경우, Sn-37Pb 솔더 표면의 과에칭이 나타났다.

2. 플라즈마 출력 500W에서 plasma cleaning 처리 시간이 증가할수록 접합율이 높아졌다. Sn-37Pb의 경우 12min동안 plasma cleaning을 하였을 경우, 100%의 접합율을 보였고, Sn-3.5Ag의 경우 80%이상의 접합율을 보였다.

Reference

1. Molina, M.J., and F.S. Rowland. Nature, No. 249. pp.810, 1974
2. Masahiko et al., Proc .of Electronic Components and Technology Conference, p.408-414, 1999.
3. Wei Lin et al., IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol.22 No.4, pp.592-601, 1999.
4. W. Moeller and D. Knoedler, Verbindungstechnik in der Elektnonik, March, pp.14-18, 1992.



(a) (b)

Fig. 1 AES analysis of depth profile for Sn-37Pb solder (a)solder was plasma cleaned at power 200W for 1min (b)solder was plasma cleaned at power 400W for 10min

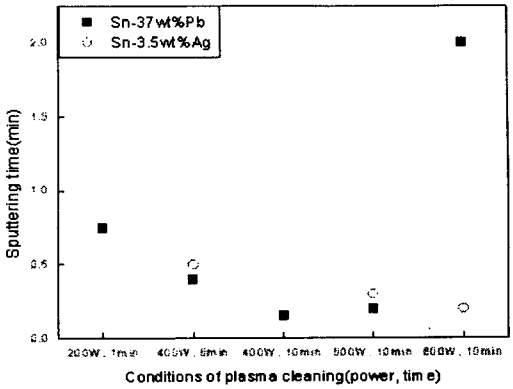
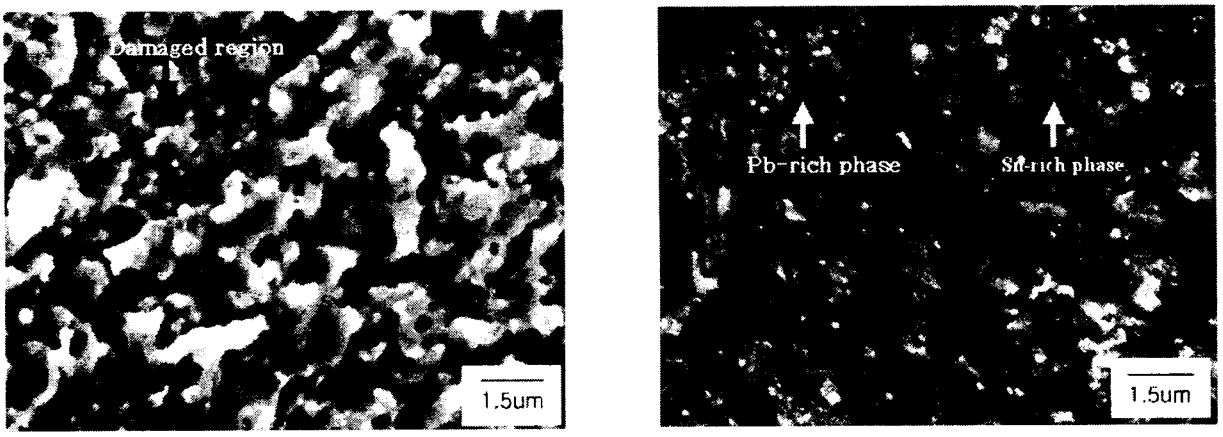


Fig. 2 Relationships between sputtering time for oxide removing by AES and conditions of plasma cleaning for the solder surface.



(a) (b)

Fig. 3 Damaged(a) and normal(b) solder surface for Sn-37Pb after plasma cleaning at 600W for 10min(a) and at 400W for 5min(b)

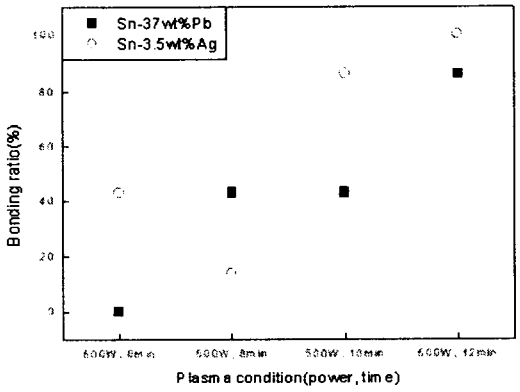


Fig. 4 Relation between bonding ratio(%) and plasma cleaning conditions