

Si-wafer/Glass 기판 접합에 대한 Sn계 솔더의 젖음성 및 접합 특성

The wetting and bonding properties of Sn alloy solders to Si-wafer/Glass substrate bonding

홍순민, 박창배*, 박재용, 정재필*, 강춘식

서울대학교 재료공학부
*서울시립대학교 금속재료공학과

1. 서론

전자제품의 소형, 고성능화는 전자부품을 기판에 접합하는 실장(packaging)기술의 발달을 필연적으로 요구한다. 솔더 범프(solder bump)를 이용한 플립칩(Flip-Chip) 실장기술은 지금까지 개발된 방법중 실장밀도가 가장 크고 전기적 신호처리 특성이 우수하기 때문에 선진화된 패키징 기술로 각광받고 있다. 한편, 패키지 제품 생산공정에 사용되는 플럭스는 기판에 잔류하여 부식을 일으켜 미세회로 손상, 오작동, 수명단축 등 신뢰성을 악화시킬 뿐만 아니라 플럭스 세정에 사용되는 용매는 환경을 파괴하므로 환경협약에 의해 국제적인 규제가 가속화되고 있다. 집적도가 높은 실장부품에 대하여 플럭스를 사용할 경우 부품사이로 세정액의 침투가 더욱 어려워지기 때문에 잔류 플럭스의 영향이 더욱 커진다. 따라서, 초미세 플립칩 접합 기술과 무플럭스 솔더링 기술은 별개로 생각할 수 없으며, 환경을 해치지 않고 저비용으로 소형, 고성능 전자제품을 신뢰성 있게 제작할 수 있는 기술에 대한 연구, 개발이 필요하다. 본 연구에서는 광기록 소자, 광레이저 제어 소자 및 액정 디스플레이 구동칩의 실장 및 MEMS(Micro Electronic Mechanical System)에 응용되는 Si-웨이퍼/솔더 범프/유리기판의 무플럭스 플립칩 접합에 대한 기초 연구로서 솔더링이 가능한 다층 금속막으로 코팅된 Si-웨이퍼와 유리 기판에 대한 솔더의 젖음성을 평가하였고 리플로우 조건에 따른 접합부의 조직특성을 관찰하였다.

2. 실험방법

Si-웨이퍼는 P-type(100), 유리기판은 Si-웨이퍼(2.8ppm/°C)와 열팽창률 차이가 작은 Schott 8330 기판(3.3ppm/°C)을 선택하였다. Si-웨이퍼와 유리기판의 두께는 각각 0.5mm, 0.8mm이다. 유리기판에는 표 1과 같이 Cr, Cu, Au 금속층을 증착하였는데 플럭스를 쓰지 않을 때 젖음성을 증가시키기 위하여 Au를 젖음층으로 사용하는 시편(g1)과 Cu를 젖음층으로 하고 Au를 Cu의 산화 방지층으로 사용(g2)하는 두 종류의 시편을 제조하여 각각에 대한 젖음성을 평가하였다. 실리콘 웨이퍼에는 UBM(Under Bump Metallurgy)층으로 Cr/Cu/Au를 증착하였으며 표1과 같이 Cu층과 Au층의 두께를 달리하여 이에 따른 젖음성 및 접합 특성을 관찰하고자 하였다. 다층막은 E-gun Evaporation을 사용하여 Si-웨이퍼 및 glass의 단면에 증착하였으며 시편은 1cm×2cm 크기로 하였다.

	Glass1(g1)	Glass2(g2)
Cr	700Å	700
Cu	0	3000
Au	1000	500

Table 1. Thickness of Metal Layers of Glass Substrate

	Wafer1(w1)	Wafer2(w2)	Wafer3(w3)
Cr	700Å	700	700
Cu	1000	5000	5000
Au	500	0	500

Table 2. Thickness of UBM of Si-wafer

솔더로는 Sn-Pb, Sn-Ag 공정합금을 사용하였고 젖음성은 wetting balance test 법으로 평가하였다. Sn-Pb는 210, 230, 250°C에서 Sn-Ag는 250, 270, 290°C에서 젖음성 실험을 행하였고 속도는 5mm/s, 침적 깊이는 3mm로 하였다. w2에 대하여 R-type flux를 사용하였다.

또한, 접합특성을 평가하기 위하여 Si-웨이퍼와 유리기판을 1cm×1cm로 절단하여 전술한 조건으로 금속막을 증착하였다. 웨이퍼와 기판사이에 두께 100 μ m 지름 6mm의 Sn-Pb, Sn-Ag 솔더 디스크를 삽입하여 플럭스를 쓰지 않고 질소분위기의 hot plate에서 리플로우시켜 접합하였다. 최고온도는 Sn-Pb는 190, 210, 230°C, Sn-Ag는 250°C로 하였고 최고온도까지 가열되는 시간은 6~10분이었으며 최고온도 도달 후 상온에서 냉각하였다. 접합부의 미세조직을 광학현미경과 SEM으로 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 290°C의 Sn-Ag 솔더에 대하여 금속층이 양면 및 단면 증착된 g2에 대한 전형적인 wetting balance test 곡선을 나타낸다. 단면 코팅된 시편은 비젖음성(non-wetting)을 갖는 3개의 면(폭-1, 두께-2)과 1개의 젖을 수 있는 면이 동시에 솔더 bath에 침적되기 때문에 양면 코팅 시편과는 다른 젖음 곡선상의 특성을 나타낸다. 따라서 양면시편과는 다른 단면시편의 젖음 거동에 대한 새로운 해석 이론이 필요함을 알 수 있다.

그림 2는 Wetting balance test법으로 젖음성 평가를 한 시편에 대한 솔더의 메니스커스 높이를 보여주고 있다. 그림 1.(a), (b)에서 Sn-Pb와 Sn-Ag 솔더 모두에 대하여 g2가 g1 보다 메니스커스가 높다는 사실을 알 수 있다. 이것은 솔더의 접촉각이 g2보다 작음을 의미하며 따라서 젖음성이 보다 우수하다는 것을 나타낸다. 그림 1.(c), (d)는 Cr/Cu/Au UBM이 증착된 Si-웨이퍼에 대한 젖음성 실험 결과로서 Sn-Pb 솔더에 대하여 Cu 층의 두께가 다른 w1과 w3간의 젖음성의 차이가 거의 없으나 Sn-Ag 솔더에서는 w1의 젖음성이 약간 우수하다는 사실을 알 수 있다.

그림 3은 230°C에서 Sn-Pb 솔더의 접합부 사진을 보여준다. Cu층이 증착된 시편들은 모두 계면에서 금속간 화합물이 관찰되었는데 SEM 분석결과 Cu₆Sn₅ 임을 알 수 있었다. Au가 증착된 Si-웨이퍼(w1, w3)의 계면에서는 연속적인 반구형의 금속간 화합물이 관찰되었으나 Au가 증착되지 않은 시편(w2)에서는 기둥형태의 금속간 화합물이 관찰되었다. 이것은 플럭스를 쓰지 않을 때 Cu층의 자연 산화막으로 인하여 Sn의 확산이 불균일하게 이루어 졌기 때문으로 판단되며, Au 층이 Cu 층의 산화방지와 솔더의 퍼짐성 향상에 기여하는 것으로 사료된다.

4. 결론

Si-웨이퍼/솔더/glass 접합에 대한 무플럭스 하에서의 젖음성 및 접합 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 단면 코팅된 시편의 젖음 곡선은 양면 코팅시편과 다른 특징을 나타내며 젖음 거동의 해석을 위한 새로운 이론이 필요하다.
- (2) 유리기판에 대한 솔더의 젖음성에서 Au층 자체가 젖음층일 때 보다 Cu층을 젖음층으로 하고 Au층을 Cu층의 산화방지 층으로 사용할 때 젖음성이 보다 우수하다.

참고문헌

R.B. CINIQUÉ and J.W. MORRIS, JR., The Effect of Gold-Nickel Metallization Microstructure on Fluxless Soldering, Journal of Electronic Materials, Vol.23, No. 6, p.533, 1994

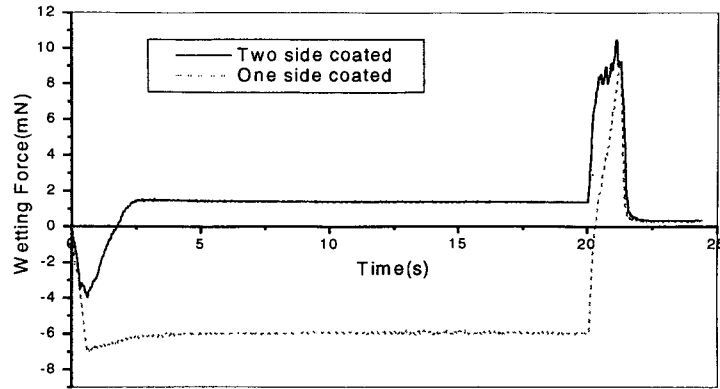
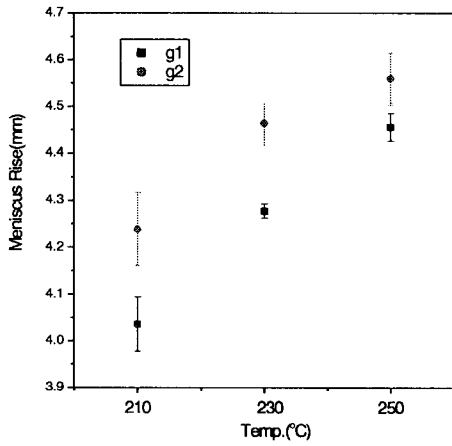
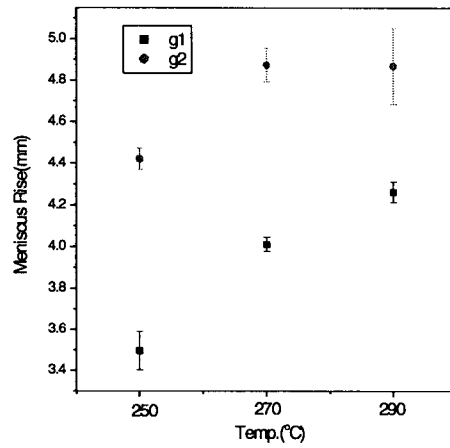


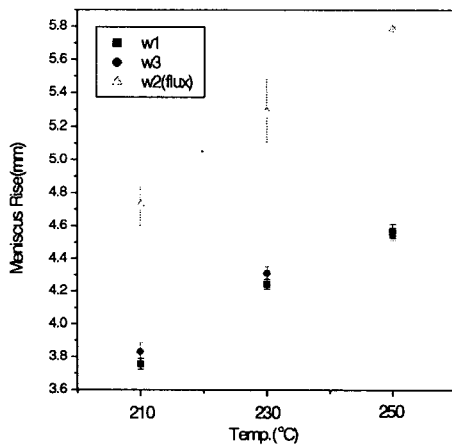
Fig.1. Typical wetting curves of the one and two side-coated specimen (An-Sg solder, 290°C, Glass2)



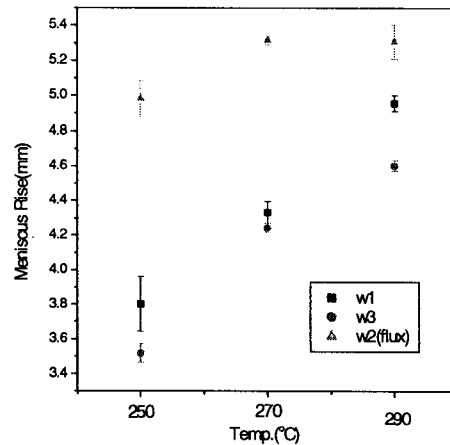
(a) Sn-Pb solder, glass



(b) Sn-Ag solder, glass

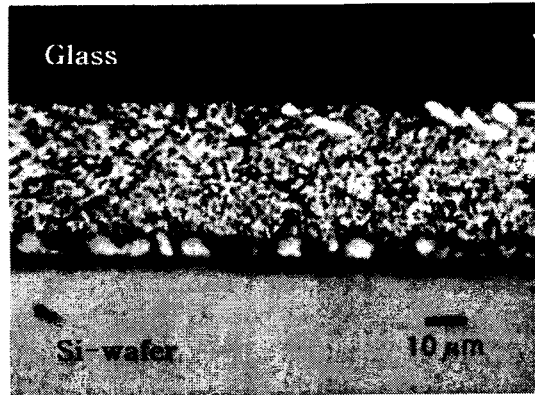


(c) Sn-Pb solder, Si-wafer

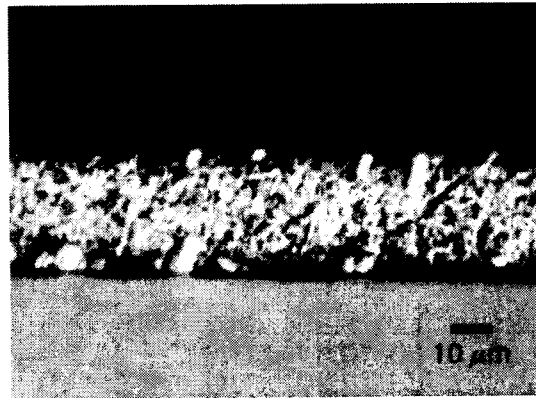


(d) Sn-Ag solder, Si-wafer

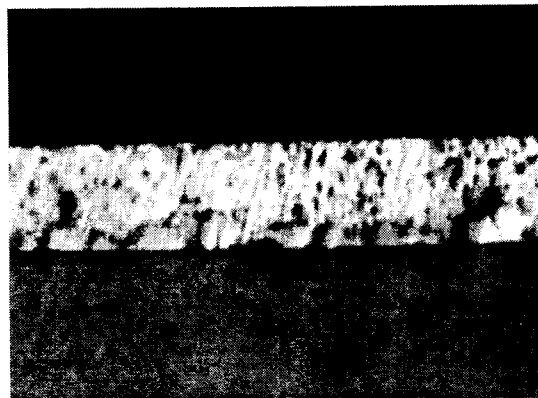
Fig. 2. Meniscus Rise of the each substrate in Sn-Pb and Sn-Ag solder



(a) Glass2-Wafer1



(b) Glass2-Wafer2



(c) Glass1-Wafer3

Fig. 3. Typical microstructures of Si-wafer/Sn-Pb/Glass substrate, 230°C