

Sn 합금솔더로 충전된 TSV 의 물성 및 신뢰성 연구

Reliability of TSV Filled Sn alloy

*고영기, #유세훈, 한민규, 이창우

*Young-Ki Ko, #Sehoon Yoo(yoos@kitech.re.kr), Min-Kyu Han, Chang-Woo Lee

한국생산기술연구원 마이크로조이닝센터

Key words : Through Silicon Via, Molten solder via filling, Interface evaluation

1. Introduction

TSV(Through Silicon Via)는 실리콘칩에 관통 비아홀을 형성하고, 관통 비아홀 내에 도전성 재료를 충전하여 칩의 위아래 방향으로 전기적 신호를 전달하기 위한 기술이다. TSV 는 기존의 와이어 본딩 방법과 비교하여 고집적, 빠른 신호전달, 낮은 전력소비 등의 장점을 가지고 있다. TSV 형성을 위한 각 세부공정은 비아(via) 형성, 비아벽위에 절연층 및 확산방지층 형성, 비아충진(via filling), 칩접합(bonding)으로 나눌 수 있다. 각 세부공정은 기존의 반도체 공정의 보편화된 기술을 적용하고 있지만 TSV 는 기존 반도체와는 달리 비아홀 사이즈가 극미세화 되고 높은 중횡비를 가짐에 따라 비아 형성 및 충전에 기술적 어려움이 있다. 특히, TSV 충전 방법 중 구리를 전기도금 방식으로 충전하는 기술이 많이 이용되고 있으나, 이 경우 기공형성 및 충전시간이 길어 공정비용이 상승하는 단점을 가지고 있다. 따라서, 빠른 충전속도를 가지면서 완벽한 충진이 가능한 새로운 방법이 요구 되고 있다. 본 연구에서는 기공이 없고 빠른 충전시간을 갖는 솔더충진방법에 대해 연구하였다. 이 때, 충전된 솔더와 실리콘 웨이퍼간의 계면의 변화를 관찰하였다.

2. Experimental

비아 직경은 각각 20, 30 μm 이고 DRIE 에 의해 형성하였다. 웨이퍼 두께는 200 μm 였다. 비아홀 내의 젖음층 형성은 Ti 200 nm, Au 100 nm 의 두께로 스퍼터에 의해 증착 하였다. 솔더충진은 노즐을 통해 유동하는 용융솔더 위에 TSV 가 형성된 웨이퍼를 장착한 후,

웨이퍼 위쪽에 진공을 형성하여 용융솔더가 비아내로 충전되게 하였다. 솔더 종류는 SAC305 이며 용융솔더 온도는 300 $^{\circ}\text{C}$ 였다. 진공압력은 각각 0.06, 0.02 MPa 이었다. 각 조건에 따른 웨이퍼 단면을 SEM 에 의해 관찰하였고 충전 된 비아와 실리콘 웨이퍼간의 계면 평가를 위해 열사이클 시험을 실시하였다. 실험조건은 -40 ~ 125 $^{\circ}\text{C}$ 에서 각각 10 분간 유지하고 이 때 승온 및 냉각 속도는 7 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 였다. 1000 cycle 의 열사이클 시험 후 FIB(focused ion beam)에 의해 솔더합금 비아와 실리콘 웨이퍼간의 계면을 관찰하였다.

3. Result

그림. 1(a), (b)는 30 μm 직경 비아에 대하여 각 진공압력에 따른 충전 결과이다. 그림. 1(a)의 0.06 MPa 의 진공압력에서 전체 비아 면적 대비 약 20 % 면적에 솔더가 충전되었다. 그림. 1(b)의 0.02 MPa 의 진공압력에서 비아는 0.5 초의 짧은 시간동안 기공없이 충전되었다. 그림. 1(c), (d)는 20 μm 직경의 비아에 대한 각 진공압력에 따른 충전 결과이다. 그림. 1(c)의 0.06 MPa 의 진공압력에서 30 μm 직경의 비아에서는 일부 충진이 되었던 반면 20 μm 직경 비아는 충진이 되지 않았다. 그림. 1(d)의 0.02 MPa 의 진공압력에서는 높이 150 ~ 200 μm 로 솔더가 충전되었다. 같은 진공압력에서의 충전률은 비아 직경이 작아지면서 낮아졌으며 20 μm 직경 비아홀에 대하여 완벽한 충진을 위해서는 더욱 낮은 진공압력이 필요한 것으로 판단된다. 또한, 20, 30 μm 직경 비아 모두 진공압력이 작용하지 않으면 솔더는 충전되지 않았으며 진공시간이 증가하거나 용융솔더 온도가 상승하여도 충전에 영향은 미치지

않았다. 진공에 의한 솔더 충전방법 시 충전에 영향을 미치는 요인은 진공압력 즉, 웨이퍼 양단의 압력차였다.

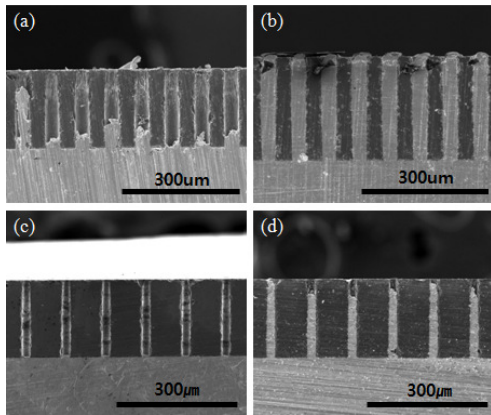


Fig. 1 Cross sectional SEM images of the 30 μm and 20 μm via after solder filling with vacuum. (a)0.06MPa, 30 μm via, (b)0.02MPa, 30 μm via, (c)0.06MPa, 20 μm via and (d)0.02MPa, 20 μm via.

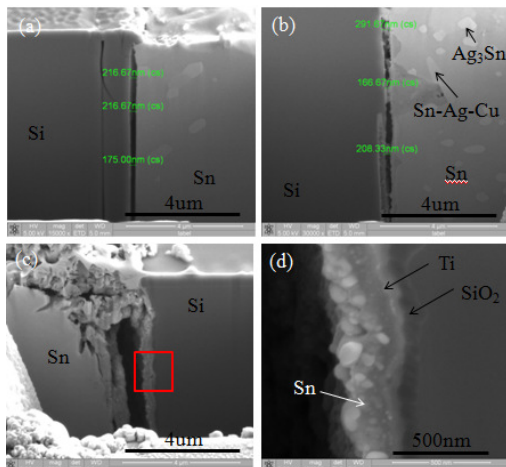


Fig. 2 Cross sectional SEM images of the 30 μm via after thermal cycle test : (a) via interface of wafer bottom part at 0cycle, (b) via interface of wafer bottom part at 1000cycle, (c) interface of via entrance at 1000cycle, (d) high magnification image of (c).

그림. 2 는 열사이클 시험 후, 30 μm 직경 비아의 충전된 솔더 비아와 실리콘 웨이퍼 간의 계면을 관찰한 단면 SEM 이미지이다. 그림. 2(a)는 비아 바닥부의 계면부분으로서

충진된 솔더합금과 실리콘 웨이퍼간의 계면에 박리가 발생했음을 관찰하였다. 스퍼터에 의한 젖음층 형성시 높은 중형비에 의해 비아 바닥부의 비아벽에 젖음층이 형성되지 않아 충전된 솔더합금과 실리콘 웨이퍼가 박리된 것으로 판단된다. 그림. 2(b)와 같이 1000cycle 의 열사이클 시험 후에도 계면에서 변화는 관찰되지 않았다. 비아와 웨이퍼간의 계면 박리는 TSV 의 신뢰성에 영향을 미치게 된다. 따라서 솔더충진 시 비아벽에 균일한 젖음층 형성은 TSV 의 신뢰성을 위해 중요할 것으로 판단된다. 그림. 2(c), (d)는 비아 입구부의 계면을 관찰한 것으로 젖음층이 형성된 부분이다. 1000cycle 의 열사이클 시험 이후 계면 근처에서 파단이 발생되었다. 열사이클 동안 솔더합금과 실리콘 웨이퍼의 열팽창계수 차이로 인해 계면에서 전단응력이 작용하여 계면 근처에서 파단이 발생한 것으로 판단된다. 따라서 열팽창 차이를 최소화하여 파단을 억제 할 수 있는 방안이 필요하다.

4. Conclusion

진공에 의해 30 μm 직경 비아에 0.5 초의 빠른 시간내에 솔더는 완벽하게 충전되었다. 동일한 진공압력에서 비아 직경이 감소하면서 충전률은 낮아졌다. 열사이클 시험 이후 충전된 솔더합금 비아와 실리콘 웨이퍼간의 계면에서 파단이 발생되었다.

후기

본 연구는 지식경제부가 지원하는 협동 연구사업 “차세대 반도체 MCP 핵심기술개발”의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. T. Jiang, S. Luo, Proc. of 10th Electronics Packaging Technology Conferences, 2008, pp. 373.
2. Y. Lee, J. Yu, K. Park and T. Oh, J. Electron. Mater. 38 (2009) 685.
3. Y. Yang, R. Labie, F. Ling, C. ZHAO, a. Raisic, J. Van Olmen, Y. Travaly, B. Verlinden, I. De Wolf, Microelectronics Reliability 50 (2010) 1636.