

3 차원 칩 적층을 위한 초미세범프 접합부의 금속간화합물 성장 거동 분석

Interfacial Reaction Analysis of Microbump Joints for 3D Chip Stacking

*박종명¹, 김준범¹, 박종진¹, #박영배¹

*J. M. Park¹, J. B. Kim¹, J. J. Park¹, #Y. B. Park¹ (ybpark@andong.ac.kr)

¹안동대학교 신소재공학부 청정소재기술연구센터

Key words : Au stud/Sn/Cu pillar, electromigration, Intermetallic compound, Kirkendall voids

1. 서론

3 차원 칩 적층은 기술은 반도체 소자의 접촉 패드와 패키지 기판을 솔더 범프를 이용하여 직접 연결함으로써 신호 지연의 감소로 인한 고성능화와 패키지의 면적 감소로 소형화를 이룰 수 있다. 하지만 패드 피치(pitch)가 감소함에 따라 인접 범프 간의 접합(bump bridging)을 유발하기 한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 구조로는 기존의 와이어 본딩 기술을 응용한 Au stud 범프 본딩 기술이 주목 받고 있다. Au Stud 범프 본딩 기술은 공정비용을 줄일 수 있고, 적은 솔더의 양으로 미세피치를 적용할 수 있는 장점이 있다.[1] 하지만 솔더 접합부에 취성이 큰 Au-Sn 금속간화합물(Intermetallic compound, IMC)을 형성시킨다. 솔더 접합부에서 형성되는 과도한 금속간화합물과 원자 속도 차이에 의한 Kirkendall void 는 접합부의 전기적, 기계적 신뢰성을 저하 시킨다.[2, 3] 현재까지 Au stud/Sn/Cu pillar 범프 구조에 대한 연구는 아직 많이 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 온도와 전류 인가에 따른 Au stud/Sn/Cu pillar 범프의 annealing 및 electromigration 특성을 비교 분석 하였다.

2. 실험방법

Au stud/Sn/Cu pillar 범프에서 접합부의 금속간 화합물 형성과 성장거동을 실시간으로 관찰하기 위해 Fig. 1 과 같이 시편구조를 형성하였다. 상부 칩은 와이어 본딩(wire bondin

g) 공정을 통하여 2um 두께의 Al 배선에 약 30 um 두께의 Au stud를 형성한 뒤 하부 칩의 Sn/Cu pillar 위에 플립칩 본딩 하였다. 열처리 및 전류인가 조건은 150℃의 온도와, $5.0 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ 의 전류밀도로 실험을 실시하였다.

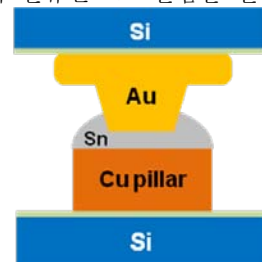


Fig. 1 Enlarged schematic diagram of Au stud/Sn/Cu pillar.

3. 결과 및 토의

Au stud/Sn/Cu pillar 범프에서의 금속간화합물 형성과 성장거동을 관찰하기 위해 150℃, $5.0 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ 의 조건에서 열처리 및 전류인가를 실시하였다.

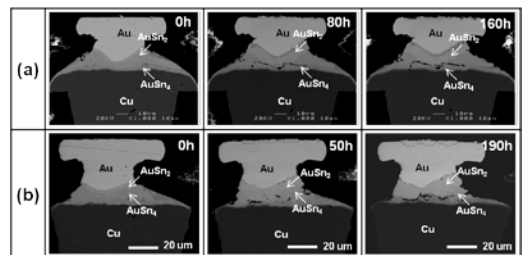
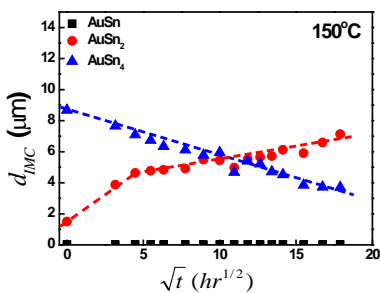
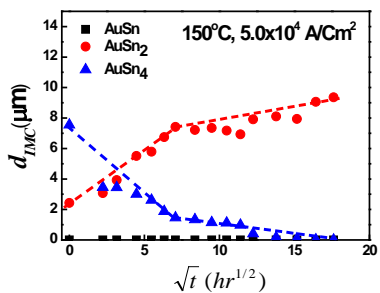


Fig. 2 SEM image of Au stud/Sn/Cu pillar.

Fig. 2는 열처리 및 전류 인가가 진행됨에 따라 금속간화합물 성장을 보여주는 SEM 이미지이다. 열처리 및 전류 인가 시간이 경과함에 따라 Sn이 Au의 원자와 반응하여 Au stud/Sn 계면으로부터 AuSn₂와 AuSn₄의 금속간화합물이 형성되었다.



(a)



(b)

Fig. 3 Thickness variation of each IMC phase on annealing and current stress time at (a) 150°C, and (b) 150°C, 5.0x10⁴ A/cm².

Fig. 3은 열처리 및 전류 인가 시간에 따른 금속간화합물 두께변화를 관찰한 그래프이다. 열처리 시간이 경과함에 따라 AuSn₂ 상의 성장거동이 변하게 되는데, 이는 Sn이 모두 고갈되는 시점으로 AuSn₄의 형성은 중단되며 이후 AuSn₄에서 AuSn₂로 상전이 반응만 일어나게 된다. 열처리에 비해 전류 인가시 AuSn₂의 성장속도가 증가하는 거동을 보인다. 이러한 차이를 보이는 이유는 열처리의 경우 Au와 Sn사이에 금속간화합물 성장거동이 금속간화합물 내의 확산에 의해 지배되어졌고, 전류 인가를 하였을 경우는 Au와 Sn사이의 금속간화합물 성장 거동이 electron wind force에 의한 확산에 가속화되어

계면반응에 의해 지배 되어졌기 때문이라 판단된다.[4, 5]

4. 결론

Au stud/Sn/Cu pillar 범프의 열처리 및 전류 인가에 대해 평가한 결과, AuSn₂, AuSn₄가 형성되었으며 열처리 및 전류 인가 시간이 경과함에 따라 AuSn₂가 지배적으로 성장하였다. 이는 많은 양의 Au원자가 적은 양의 Sn으로 확산 계속적으로 확산하였기 때문인 것으로 판단된다. 전류 인가시 금속간화합물의 성장속도가 증가하였으며, electron wind force에 의한 확산에 가속화되어 계면 반응에 의해 지배되었기 때문으로 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부 산하 산업기술연구회가 지원하는 협동과제의 지원으로 이루어진 결과로서, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. M. S. Shin and Y. H. Kim, J. Electron. Mater., 32(12), 1448 (2003).
2. T. K. Lee, S. Zhang, C. C. Wong, A. C. Tan and D. Hadikusuma, Thin Solid Films, 504, 144 (2006).
3. M. Schaefer R, A. Fournelle and J. Liang, J. Electron. Mater., 27, 1167, (1998).
4. B. Chao, S. H. Chae, X. Zhang, K. H. Lu, Jay Im, and Paul S. Ho, Acta Mater. 55, 2805 (2007).
5. C. Y. Liu, Lin Ke, Y. C. Chuang, and S. J. Wang, J. Appl. Phys, 100, 083702 (2006).