

# MCP를 위한 저온, 고 신뢰성 순금속 접합공정 및 기계적 특성 평가 Bonding Process and Mechanical Strength of Metal Bonding for Reliable MCP

\*김재원<sup>1</sup>, 정명혁<sup>1</sup>, 이병훈<sup>2</sup>, 이후정<sup>2</sup>, #박영배<sup>1</sup>

\*Jae-Won Kim<sup>1</sup>, Myeong-Hyeok Jeong<sup>1</sup>, Byunghoon Lee<sup>2</sup>, Hoo-Jeong Lee<sup>2</sup> and #Young-Bae Park<sup>1</sup>  
(ybpark@andong.ac.kr)

<sup>1</sup>안동대학교 신소재공학부 청정소재기술연구센터, <sup>2</sup>성균관대 신소재공학부

Key words : Cu/Sn/Cu bump, Intermetallic compound, Kirkendall void, lap shear test

## 1. 서론

최근 전자기기에서의 경박단소화 추세에 따라 고주파화, 고직접화, 소형화된 부품이 요구되고 있다.[1] 이에 따라 칩 제조 분야에서는 칩 자체의 미세화, 직접화가 진행되고 있으며 패키지 분야에서는 새로운 패키지 기술과 실장방법이 개발되고 있다. Through Silicon Via(TSV)를 이용해 여러 가지 기능의 칩을 3차원으로 적층하는 3차원 System-in-package (SiP) 기술은 기존의 패키지에 비해 부피와 무게를 최소화할 수 있고, 고성능 및 전력소모를 줄일 수 있는 장점이 있을 뿐만 아니라 고밀도와 고기능화 역시 이를 수 있어 최근 활발히 연구되고 있다. 3차원 SiP 구조에서 칩과 칩을 연결하는 구조에서 Cu/Solder/Cu 구조의 범프는 기존 솔더범프에 비해 상대적으로 적은 솔더의 양 때문에 인접한 범프 간의 접합이 발생하지 않아 미세 피치를 적용할 수 있어 대안으로 주목을 받고 있다.[2] 하지만 Cu는 상대적으로 적은 양의 솔더와 반응하여 취성 특성이 있는 조대한 금속간화합물(intermetallic compound)을 형성시켜 접합부의 기계적 신뢰성을 저하시킨다. 이처럼 Cu/Solder/Cu 범프 구조에서의 금속간화합물 형성 및 성장은 접합부 신뢰성에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 솔더 접합부의 신뢰성을 확보하기 위해 금속간 화합물의 형성과 성장 거동에 대한 연구가 필요하다. 지금까지 솔더 범프 구조에서의 금속간 화합물 형성 및 기계적 특성 평가에 대한 연구는 많이 수행되었지만 Cu/Sn/Cu 범프 구조에서의 금속간 화합물 형성과 기계적 특성 평가에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 열처리 시간에 따른 Cu/Sn/Cu 범프내 금속간 화합물 형성과 기계적 강도 평가에 대하여 분석 하였다.

## 2. 실험방법

열처리에 따른 Cu/Sn/Cu 범프 내에 금속간화합물 형성 및 기계적 특성 평가하였다. 본 연구에서 사용된 Cu/Sn/Cu 범프의 구조를 Fig.1 나타내었다. 4inch Si wafer에 Ti과 Cu를 스퍼터를 통하여 Seed layer를 증착 하였다. 범프 형성을 위하여 약 50~60um 두께의 Dry Film Resist (DFR)을 사용 하였다. 전기도금을 통하여 약 40um 정도 두께의 Cu post bump를 형성하고 역시 전해도금으로 약 10um Sn solder층을 형성

하였다. 이렇게 형성된 bump를 접합 하기 위하여 DFR를 제거 한 후 다이아몬드 블레이드를 이용하여 다이싱 작업을 하였다. 특수 제작한 bonding zig를 이용하여 align 후 진공챔버를 이용하여 약  $10^{-3}$  torr 저진공 분위기에서 접합 온도 약 280°C에서 접합을 실시 하였다. 열처리 시간에 따른 금속간화합물의 성장을 실시간으로 관찰하기 위해 접합된 시편을 #2000 연마지와 1~3um의 연마천을 이용하여 단면 폴리싱 후 150°C 조건에서 실험을 실시하였다. 열처리 시간에 따른 금속간화합물 형성과 성장은 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM)의 BSE(back scattered electron)사진과 EDS(energy dispersive x-ray spectroscopy)를 이용하여 분석하였다. 분석 결과는 image analyzer를 이용하여 정량화를 실시하였고 시간에 따른 금속간 화합물 두께변화를 통해 열처리 시간에 따른 금속간화합물 성장 거동을 평가하였다.

접합된 시편의 기계적 강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 접합된 시편을 150°C 온도조건에서 50시간 열처리 후 Instron 사의 인장 시험기 통해 Lap shear test를 실시하여 shear strength를 평가 하였다. 열처리 하지 않은 시편의 강도 값과 비교를 통하여 금속간화합물의 성장이 Cu/Sn/Cu 범프의 기계적 특성에 미치는 영향에 대하여 평가 하였다.

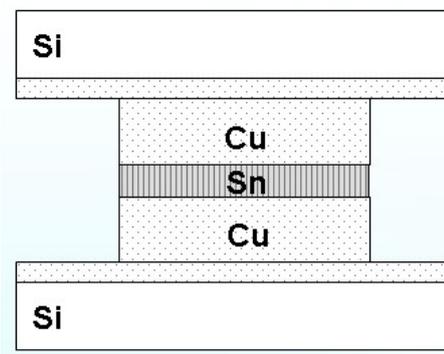


Fig. 1. Schematic diagram of Cu/Sn/Cu bump.

## 3. 결과 및 토의

### 1. 열처리 시간에 따른 금속간 화합물 상 관찰.

열처리 시간에 따른 Cu/Sn/Cu 범프에서의 금속간 화합물 형성과 성장 거동을 관찰하기 위해서 150°C 조건에서 50시간 동안 열처리 실험을 실시하였다

Fig 2. 는 열처리 전과 150°C 50 시간 열처리 후 시편의 단면을 SEM으로 촬영 하였다. 열처리 하지 않은 시편을, SEM, EDS 분석한 결과 초기 접합 후 시편은 중간에 두꺼운 Sn이 형성되었고 Sn과 Sn 사이에 접합 계면이 관찰되었다. Cu와 Sn 계면에서 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>이 관찰되었고 Cu와 금속간화합물 사이에 미세한 공공(void)가 존재하는 것을 알 수 있었다. 이는 Cu와 Sn간에 확산속도 차에 의해 생성된 Kirkendall void로 판단된다.[3,4] 열처리 시간 50 시간 후 확인 결과 Cu<sub>3</sub>Sn이 Cu와 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>계면 사이에 형성되었다. Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>와 Cu<sub>3</sub>Sn은 열처리 시간에 따라 성장하였다. Cu<sub>3</sub>Sn 성장과 함께 Kirkendall void의 면적도 증가하였다.

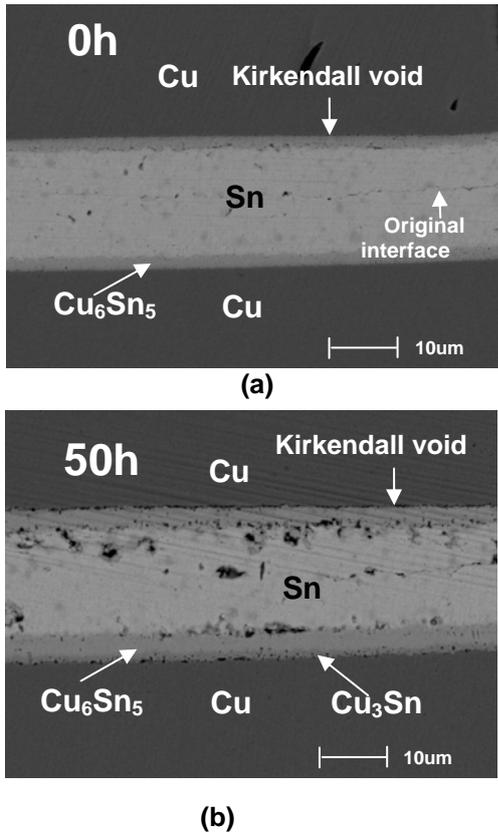


Fig. 2. BSE micrographs of the cross-sectioned Cu/Sn/Cu bump with annealing times; (a) 0h and (b) 50h

2. 열처리 시간에 따른 기계적 특성 평가.

금속간화합물의 형성 및 성장이 Cu/Sn/Cu 범프의 기계적 강도에 미치는 영향에 대하여 평가하기 위해 각각 열처리 하지 않은 시편과 150°C에서 50 시간 열처리한 시편을 lap shear test 를 이용하여 shear strength값을 비교 평가하였다. 열처리 하지 않은 시편의 shear strength값은 17.61MPa 이었고, SEM과 EDS로 파면 분석 결과 양쪽 파면 모두 Sn이 검출이 되었고, 이는 열처리하지 않은 시편의 파괴 경로는 Sn과 Sn 사이에서 파괴된 것으로 판단되어진다. 150°C에서 50 시간 열처리 한 시편의 shear strength 값은 16.21MPa 이었고 150°C 50 시간 열처리 한 시편을 파면 분석한 결과, 양쪽 파면에서 Sn과 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>상 이 검출이 되었다. 이는 lap shear test시 파괴 경로

가 Sn과 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 상 계면에서 파괴가 일어난 것으로 판단 되어진다.

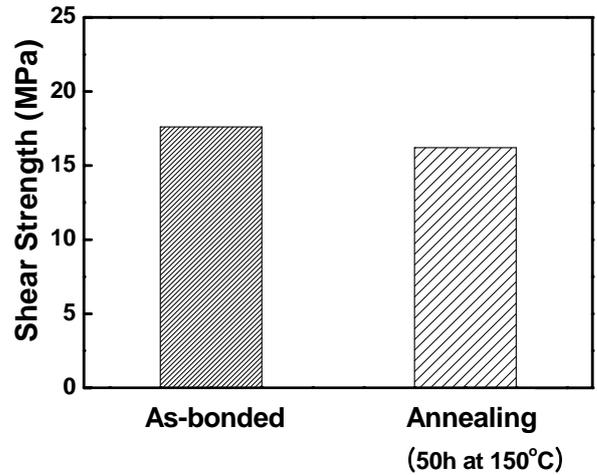


Fig. 3. Effects of thermal annealing on shear strength.

4. 결론

열처리 시간에 따른 Cu/Sn/Cu 범프내의 금속간화합물 형성 및 lap shear test 를 통한 열처리 시간에 따른 Cu/Sn/Cu 범프 접합부의 기계적 특성을 평가하였다. 0 시간에 비해 50 시간 열처리 후 금속간화합물이 증가 하였다. 접합 후 Cu 와 금속간화합물 계면에 Kirkendall void 가 관찰이 되었고, 50 시간이 지난 후 kirkendall void 면적이 증가되는 것을 관찰 할 수 있었다. 150°C 50 시간 동안 열처리를 실시한 시편의 shear strength 가 열처리 하지 않은 시편보다 낮은 강도 값을 가졌다.

후기

본 연구는 지식경제부, 산업기술연구회의 협동연구사업 일환인 "차세대 반도체 MCP 핵심기술 개발 사업"의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. K.N. Chiang, C.C. Lee, C.C. Lee, and K.M. Chen: Current crowding-induced electromigration in SnAgCu microbumps. *Appl.Phys. Lett.* **88**, 072102, 2006
2. H. Y. Son, G. J. Jung, J. K. Lee, J. Y. Choi, and K.W. Paik, "Cu/SnAg double bump flip chip assembly as an alternative of solder flip chip on organic substrates for fine pitch applications", *Proc. 57th Electron. Comp. Technol. Conf.*, 864 2007.
3. K. Zeng, R. Stierman, T-C. Chiu, D. Edwards, K. Ano, and K. N. Tu, "Kirkendall void formation in eutectic Sn-Pb solder joint on bare Cu and its effect on joint reliability", *J. Appl. Phys.* **97**, 024508, 2005.
4. W. Yang, R. W Messler, "Microstructure evolution of eutectic Sn-Ag solder joint", *J. Electron. Mater.*, Vol. 23, No. 8, 762-772, 1994.