

수치 시뮬레이션에 의한 솔더 접합부의 열적 특성에 관한 연구

A Study on the Thermal Characteristic of Solder Joint by Numerical Analysis

*권용혁¹, 방희선², #방한서²

*Y. H. Kwon¹, H. S. Bang², #H. S. Bang(hsbang@chosun.ac.kr)²

¹조선대학교 선박해양공학과 대학원, ²조선대학교 선박해양공학과

Key words : MCP, flip chip bonding, solder joint, heat conduction analysis

1. 서론

반도체 패키지의 고밀도, 경박단소, 미세피치화의 기술개발에 따라 웨이퍼를 다층으로 적층 시키는 MCP(Multi Chip Package) 기술이 대두되고 있다. 이러한 다층 적층은 인쇄 회로 기판 상의 조립공정을 단순화 시키면서 주어진 footprint의 단일 패키지 내에 수용할 수 있는 실리콘 칩의 총 면적을 획기적으로 증가시켜, 공간적인 이점 및 회로들 사이에서 보다 짧은 상호 접속의 경로 때문에 보다 나은 전기적 성능을 이끌어 낼 수 있다.

이러한 3D 패키징에서 칩을 적층시키는 방법은 와이어 본딩을 단독으로 사용하거나 와이어 본딩과 도전성 솔더 범프를 이용한 플립 칩 본딩의 조합으로 상호 연결될 수 있지만 와이어 본딩은 칩이 적층 될수록 와이어 들의 복잡한 배치를 관리하는데 있어서 제약이 따르기 때문에, 최근 관통 실리콘 비아(Through Silicon Via; TSV)를 사용하여 웨이퍼를 적층 시키는 방법의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그 결과 솔더 범프 만으로도 웨이퍼를 적층시킬 수 있게 되었으나, 고집적화에 따른 범프 간의 미세피치로 인해 인접 솔더끼리 브리징 현상이 발생하는 문제가 생긴다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 Cu pillar위에 솔더를 증착시킴으로써 인접 솔더와의 브리징 발생을 개선시키는 방법이 개발되었다. Sn계열의 솔더의 경우 Cu pillar와 Sn솔더간에 발생하는 Cu pillar와 Sn솔더간의 Cu_6Sn_5 , Cu_3Sn 의 금속간화합물이 솔더에서 차지하는 부피분율이 증가하게 되어 접합부의 강도가 현저하게 저하되므로, 솔더 접합부의 신뢰성을 확보하기 위해서는 금속간화합물의 생성 및 성장 메카니즘에 대한 특성 규명이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 솔더 접합부의 금속간화합물 특성을 규명 하기위해, 우선적으로 Cu와 Sn간의 솔더 접합부의 열적 특성을 열전도해석을 통하여 분석하였다.

2. 수치해석 모델 및 방법

해석은 2차원 열전도 이론을 정식화하여 개발한 열전도 프로그램을 이용하여 열분포 및 그의 특성을 파악하였다. 솔더 접합부의 형상 및 치수는 Fig. 2에 나타낸바와 같이 cap 범프 높이 $10\mu m$, pillar 범프의 높이 $25\mu m$ 이고 두 범프의 폭은 $25\mu m$ 이다.

또한, 요소분할은 4절점 아이소파라메트릭요소를 도입하여 Fig.3와 같이 총 절점수 4625개, 총 요소수 4310개로 분할하였으며, 특히 Cu와 Sn의 계면부를 $0.01 \times 0.5\mu m$ 로 fine mesh 하였다.

해석 시 재료의 물리적 정수(열전도도, 열팽창계수, 밀도, 비열 등)의 온도의존성(Fig. 4)을 고려하였으며, 사용된 2차원 비정상 열전도 지배방정식 및 유한요소 정식화 식은 식(1), (2)와 같다.

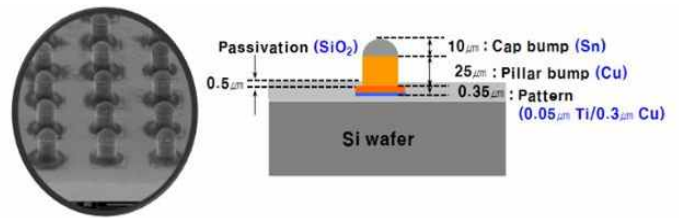


Fig. 2 Configuration of a solder joint

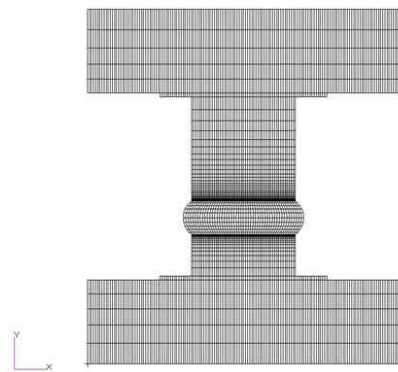


Fig. 3 FE model for heat conduction analysis

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \nabla^2 T + \dot{Q} \quad (1)$$

$$[k]\{\phi\} + [c]\left\{\frac{\partial \phi}{\partial t}\right\} = \{f\} \quad (2)$$

여기서, $[k]$, $[c]$, $[F]$ 는 각각 열전도 매트릭스(heat conductivity matrix), 열용량 매트릭스(heat capacity matrix), 열유속 벡터(heat flux vector)이고 $\{\phi\}$ 는 전체의 절점온도이다.

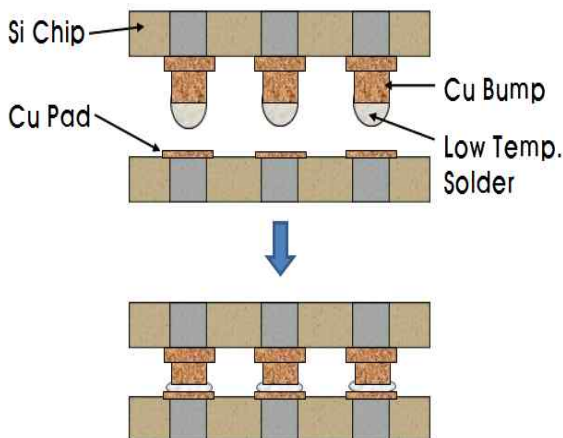


Fig. 1 Flip chip bonding process using solder bump

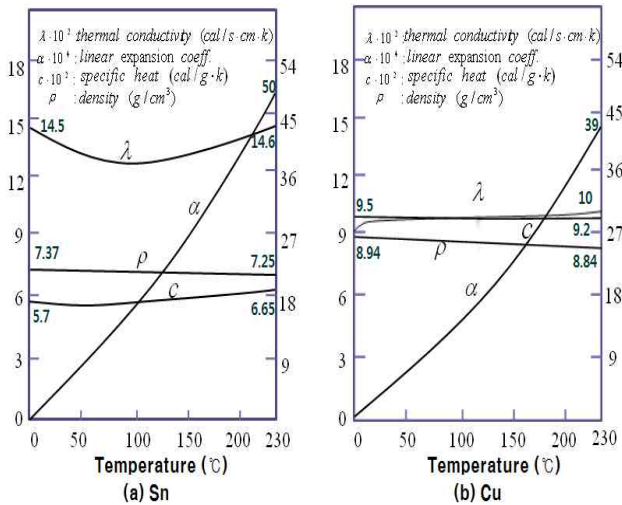
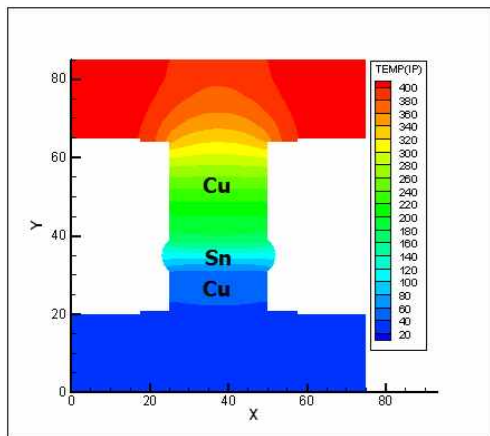


Fig. 4 Physical properties of Sn and Cu

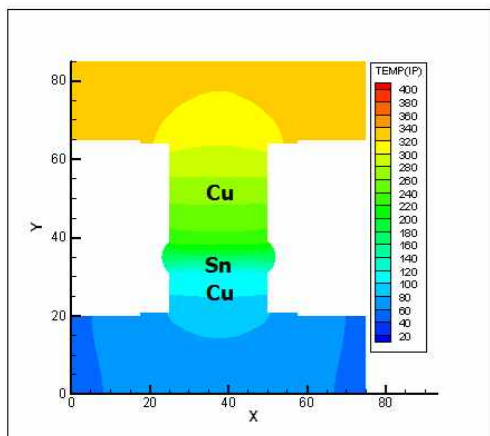
3. 해석결과

Fig. 5는 솔더접합부의 온도분포도로, (a)는 접합완료후 시간 6.18초 일 때 (b)는 17.79초의 열 분포도이다.

pillar 범프 및 cap 범프의 열적 특성을 살펴보면, Cu의 열전도가 약 2배 정도 빨리 이루어짐을 알 수 있었다. 이는 Cu의 높은 열전도도 및 열팽창계수에 기인한다. 또한 온도가 Cu에서 Sn으로 전도 되었을 때 접합 계면부에 약 2°C 미소한 온도 상승이 나타났다.



(a) Time=6.18Sec.



(b) Time=17.79Sec.

Fig. 5 Heat distribution of a solder joint

4. 결론

1. 열전도 프로그램을 이용한 솔더 접합부의 수치해석을 통해 Sn 솔더와 Cu범프간의 열적 특성을 확인 하였다.
2. 해석 결과 Cu에서 Sn으로 전도 되었을 때 접합 계면부에서 2°C 미만의 온도 상승이 관찰 되었다.
3. 시간에 따른 온도변화 특성을 파악하여 차후 금속간 화합물 성장의 생성 예측에 관한 기초연구가 되었다.

후기

본 연구는 협동연구사업 차세대 반도체 MCP 핵심기술 개발의 지원을 받아 수행 하였습니다.

참고문헌

1. H.S. bang, "Study on The Mechanical Behavior of Welded part in thick Plate -Three-dimensional Thermal Elasto-Plastic Analysis Baseon Finite Element Method." Journal of the Korean Welding Society, Vol.10,No.4,37-43,1992.
2. Brook Chao,Seung-Hyun Chae, Xuefeng Zhang, Kuan-Hsun Lu, Jay Im, P.S. Ho."Investigation of diffusion and electromigration parameters for Cu-Sn intermetallic compounds in Pb-free solders using simulated annealing" Acta Materialia 55,2805-2814, 2007.
3. 김정환,이창우,김준기,김철희,이종현."전자부품의 마이크로 패키징 공정관련 기초이론과 실무".137-139.2007.
4. Chang-Bae Lee, Chang-Youl Lee, Chang-Chae Shur, Seung-Boo Jung,"The Growth Kinetics of Intermetallic Compound Layer in Lead-Free Solder joints.",Journal of KWS., Vol.20, No3, 272-279,2002