

# 솔더접합부 접합구조에 따른 열사이클 시험 예측 Prediction of fatigue life in junction structure of solder joint under thermal cycling

\*권용혁<sup>1</sup>, 박세민<sup>1</sup>, 방희선<sup>2</sup>, 방한서<sup>2</sup>

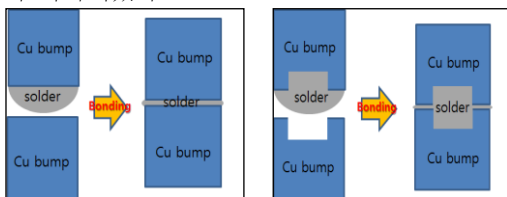
\*Y. H. Kwon<sup>1</sup>, S. M. Park<sup>1</sup>, H. S. Bang<sup>2</sup>, #H. S. Bang(hsbang@chosun.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 선박해양공학과 대학원, <sup>2</sup>조선대학교 선박해양공학과

Key words : MCP, thermal fatigue, thermal cycle , junction structure

## 1. 서론

MCP(Multi Chip Package)와 같은 3D 패키징 기술의 발전으로 인하여 반도체 패키지는 날로 고밀도, 경박단소, 미세피치화 되어가고 있으며 이로 인하여 생기는 솔더간의 브리징을 줄이기 위하여 Cu pillar bump 와 솔더 cap bump 를 이용한 Cu-솔더-Cu 직접본딩 방법이 응용되어지고 있다. 이러한 Cu-솔더-Cu 직접본딩 방법은 Cu-Cu 직접본딩에 비해 낮은 온도에서 공정이 이루어 지며 공정속도 또한 수초로 빠른편이다. 또한 어닐링 등의 후처리가 필요없어 생산성이 좋지만 접합시 Cu 와 솔더간에 차지하는 금속간화합물에 의한 기계적 신뢰성 저하의 단점이 있다.<sup>1)</sup> 따라서 본 연구에서는 Cu-솔더-Cu 직접본딩의 새로운 접합 구조를 제안함으로써 기존의 솔더 접합부와 본 연구에서 제안한 접합구조를 유한요소해석을 통하여 비교하고자 한다. 기존의 접합구조와 제안한 접합구조는 Fig. 1 에 나타내었다.



(a) Existing solder joint (b) Proposed solder joint

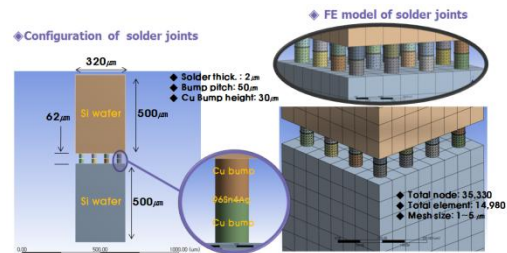
Fig. 1 Schematics of existing and proposed solder joint

Fig. 1 (b)의 제안 접합구조는 Cu pillar bump 에 hole 이 형성되어 접합시 Fig. 1 (a)의 접합구조에 비해 솔더량을 늘리면서 브리징을

방지할 수 있고 보다 넓은 접합면적을 가지며 또한 온도변화에 따른 재료간의 상이한 CTE 로 인한 접합 계면부의 crack 이 발생, 진전하더라도 솔더량이 증가 하여진 만큼 취성이 강한 금속간화합물로 변태되지 않는 솔더의 연성 부분이 crack 의 진전을 완화 시켜 줄 것으로 예상 되지만 기존의 접합구조에 비해 공정이 다소 복잡해질 것으로 사료된다.

## 2. 수치해석 모델 및 방법

솔더 접합부의 형상 및 제원은 Fig. 2(a)에 나타낸 바와 같으며 Pillar bump 의 제원은 Fig. 2 (b)에 나타내었다. hole 이 형성된 Cu pillar bump 의 내경의 제원 설계는 각기 접합 장비의



(a) Configuration and FE model of solder joints

(b) Dimensions of existing Cu pillar bump and hole drilled Cu pillar bump

Fig. 2 Solder joint model for FE analysis  
사양에 따라 다르게 설계 되어야 하겠지만

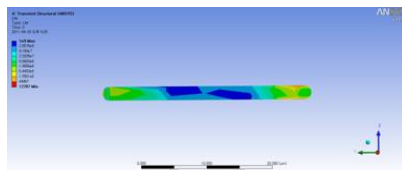
상온에서 접합면에 3MPa 이하의 압력이 작용하였을 때에 소성변형이 일어나지 않도록 설계하였다. 한편 솔더접합부의 열피로 해석을 위하여 JEDEC A104D 에 의거한 Temp. range : -40~125℃, Ramped time : 15 ℃/min, Dwell time: 15min 을 1 사이클로 선정하였다. 또한 열-기계적인 솔더부의 피로 거동은 일반적으로 저주기 피로 특성을 보이므로 소성변형을 고려한 변형률-수명(strain-life) 방법을 사용하였다. 본 해석에서 사용된 변형률-수명 관계식은 Coffin-Manson 의 소성 변형률항과 탄성 변형률항으로 이루어진 식 (1)와 같다.

$$\frac{\Delta \epsilon}{2} = \frac{\sigma_f'}{E} (2N_f)^b + \epsilon_f' (2N_f)^c \quad (1)$$

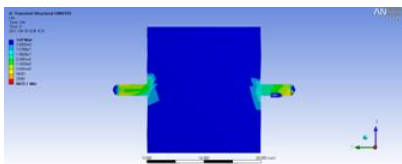
$\frac{\Delta \epsilon}{2}$  = 변형률진폭,  $\sigma_f'$  = 피로강도계수,  $\epsilon_f'$  = 피로연성계수,  $E$  = 탄성계수  
 $b$  = 피로강도지수,  $c$  = 피로연성지수,  $2N_f$  = 파괴까지 반복수(1 반복수 =  $\frac{1}{2}$  사이클)

### 3. 해석결과

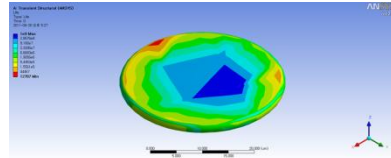
기존의 Fig. 1 (a)의 접합구조와 제안된 Fig. 1 (b)의 접합구조의 피로해석 결과 최소 수명은 모두 솔더와 Cu bump 계면에서 발생되었고 최소 피로수명은 제안된 Fig. 1 (b)의 접합구조에서 발생 되었다. 하지만 제안된 Fig. 1 (b) 접합구조의 Fig. 3 (a)를 살펴보면 Cu pillar 내경 안쪽 접합 계면부에는 비교적 좋은 피로 수명을 살펴볼 수 있었다. 하지만 기존의 Fig. 1 (a)와 같은 접합구조는 Fig. 3 (c)에서 볼 수 있듯이 솔더 전체 부분에 낮은 피로 수명을 보였고 접합계면 또한 낮은 피로 수명을 나타내었다.



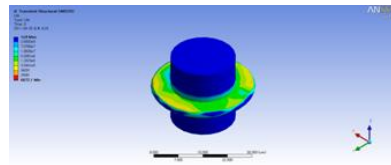
(a) Cross sectional view of existing solder joint fatigue life (only solder bump)



(b) Cross sectional view of proposed solder joint fatigue life (only solder bump)



(c) 3D view of existing solder joint fatigue life (only solder bump)



(d) 3D view of proposed solder joint fatigue life (only solder bump)

Fig. 3 Fatigue life of existing and proposed solder joint

### 4. 결론

1. 기존의 접합구조와 제안된 접합구조 모두 solder bump 와 Cu bump 계면에서 낮은 피로 수명을 보임.
2. 제안한 접합구조에서 기존의 접합구조 보다 국부적이게 낮은 피로 수명을 보였으나 전체적으로는 제안된 접합구조가 양호한 피로수명을 나타냄.

### 후기

본 연구는 협동연구사업 ‘차세대 반도체 MCP 핵심기술 개발’의 지원을 받아 수행 하였습니다.

### 참고문헌

1. 유세훈, 고영기, 신의선, 이창우 "TSV 충전 및 3D 패키징 솔더 범핑 기술," 한국정밀공학회지, 제 26 권 12 호, 18-22, 2009.
2. C. Andersson et al., Comparison of isothermal mechanical fatigue properties of lead-free solder joints and bulk solders /Materials Science and Engineering A 394 (2005) 20–27
3. V. M. Radhakrishnan, Fatigue Hardening and Failure of Copper at intermediate life/ Trans. JIM (1977) Vol.18
4. H.-K. Liu et al., Low cycle fatigue of single crystal silicon thin films/ Sensors and Actuators A 140 (2007) 257–265