

## 리플로우 횟수에 따른 플립칩 접합부의 기계적 특성 평가

### The Effects of the reflow number in the Mechanical Reliability of Flip Chip Solder Joint

박진석\*, 양경천\*, 한성원\*, 신영의\*

\* 서울특별시 동작구 흑석동 221, 중앙대학교 공과대학 기계공학부

**ABSTRACT** In this paper, the effects of the reflow number in the mechanical reliability of flip chip solder joint was investigated by flip chip shear test and thermal shock test. For evaluation mechanical reliability of flip chip, We experiment that specimens were operated 3-times, 6-times, 9-times, 12-times under reflow Process. After shear test and thermal shock test, We measured max shear strength and coming first crack number of thermal cycle. And We observe fracture surface and cross section by using SEM(Scanning Electron Microscope) and optical scope. In the results, the more specimens were operated reflow process, the more decreased maximum shear strength and number of thermal cycle.

#### 1. 서 론

전자산업계에서 고성능, 초소형, 고입출력단자에 대한 필요성이 증가함에 따라 많은 응용분야에 있어서 플립칩이 사용되고 있다. 플립칩의 경우, 기존의 와이어 본딩이나 TAB 본딩이 칩의 패드가 기판에 수평적으로 연결되는데 반해 플립 칩 본딩은 기판과 칩, 칩의 패드 부분이 서로 마주보는 형태로 놓여져 수직적인 연결을 하게 됨으로써 접속 길이가 기존에 비해 매우 짧아져 인덕턴스를 0에 가깝게 할 수 있고, 기존의 인터커넥션이 칩의 가장자리만을 접속경로로 사용하는 페리퍼럴 형태가 아닌 에어리어 어레이 형태를 사용할 수 있기 때문에 입출력 단자의 수를 높이면서 패드 사이의 간격을 넓게 할 수 있다. 이런 고 집적화된 플립칩은 발전된 고집적, 고신뢰성의 패키징 체제의 요구가 급증하고 있다. 이에 따라 패키지의 신뢰성에 관한 연구도 많이 이루어지고 있다 [1].

본 연구에서는 리플로우 프로세스 횟수에 따른 플립칩 접합부의 기계적 특성을 평가하였다. 리플로우 프로세스 횟수에 의해 플립칩 접합부의 계면에서 성장하는 금속간 화합물 층이 접합부의 신뢰성에 미치는 영향을 평가하기 위해 열충격 시험과 플립칩 접합부의 전단 강도 평가를 실시하였다.

#### 2. 시편 및 시험 방법

##### 2.1 시험 시편

시험 시편은 5×5mm 규격의 729 I/O(Input/Output), 높이 200μm의 Sn-2.5Ag 무연 솔더 범프가 1 line peripheral로 적용된 플립칩을 사용하였으며, 피치 간격은 200μm으로 초박·소형의 휴대제품에 적용이 가능한 시편이다. 시험 시편에 대한 정보는 Fig. 1에 나타내었다. 리플로우 프로세스의 횟수에 따른 플립칩 접합부의 기계적 특성 변화를 위해 FR-4 기판에 접합된 시편은 Fig. 2에 제시된 리플로우 프로파일을 적용하여 총 3회, 6회, 9회, 12회의 추가적인 리플로우 프로세스를 실시하였다.

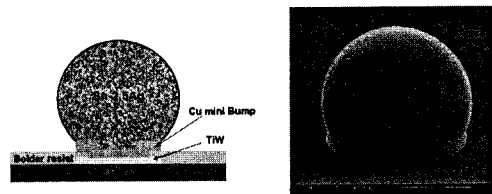


Fig. 1 Test Specimen

##### 2.1 시편 제작

Fig.1의 플립칩 시편으로 리플로우 프로세스의 횟수를 증가하여 시편을 제작 하였다. 시편제작과 빠른 결과를 보기 위하여 언더필 공정이 생략된 1 periphera 플립칩을 사용하여 총 3회, 6회, 9회, 12회의 추가적인 리플로우 프로세스를 실시하였다. Fig.2는 시편 제작에 사용한 리플로우 프로세스 온도 프로파일이다.

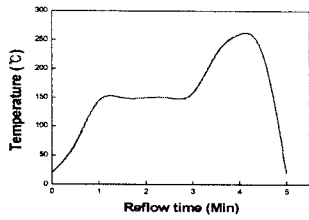


Fig.2 Reflow Process Temperature Profile

2.2 시험 방법

2.2.1 플립칩 전단시험

플립칩 접합부의 기계적 특성 평가를 위해 플립칩 전단시험과 열충격 시험을 실시하였다.

플립칩 전단시험은 현재 시험 규격이 규격화 되어 있지 않아, JIS의 전단시험 규격인 Jis Z 3198-7 규격을 참고로 하여 실시하였다. 전단시험은 1×8mm의 사각 지그의 이동속도를 12mm/min로 선정하여 PTR-1000(Rescha社) 장비를 사용하여 실시하였다. 또한, 지그와 플립칩 사이의 거리는 0.5mm, 기판으로부터 지그의 높이를 2 $\mu$ m로 설정하였다. 지그의 높이가 높을 경우 실리콘 칩 상단을 파괴시킬 수 있기 때문에 최대한 기판 쪽으로 지그의 높이를 설정하였다.[2-3] 또한, 플립칩 전단시험을 실시한 시편은 SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 파면을 관찰하였다.

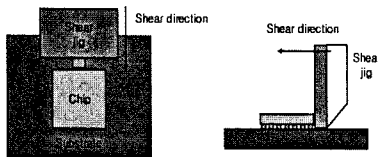


Fig.3 Systematic apparatus of Flip Chip Shear Test

2.2.2 열충격 시험

열충격 시험은 JESD22-A104-C : temperature cycling 규격을 이용하여 실시하였으며, 1cycle당 30분으로 고온부(150°C)와 저온부(-65°C)에 각각 15분씩 유지시간을 두었다.[4]. 플립칩 접합부의 파괴 유무는 Keithley社 Model7700을 이용하여 실시간으로 플립칩 접합부의 저항을 측정하여 초기 저항값을 기준으로 200%이상의 저항 변화가 발생한 경우를 접합부에 파괴가 발생하였다고 평가하였다. 파괴가 발생한 샘플은 파괴의 발생 위치와 진전 방향을 평가하기 위하여 단면 가공을 한뒤 SEM과 광학 현미경(Keyence社 VHX-100)을 이용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

플립칩 전단시험과 열충격 시험을 실시한 결과는 다음과 같다. 시편의 최대 전단 강도를 측정한 결과, 리플로우 프로세스의 횟수가 증가함에 따라 플립칩 접합부의 전단 강도가 점차 감소하는 것을 확인하였다. 이는 리플로우 프로세스 횟수의 증가에 따라 플립칩 범프를 구성하고 있는 Sn 결정 입자의 크기가 조대화되어 이로 인해 플립칩 접합부의 전단 강도가 감소한 것으로 판단된다.

열충격 시험의 경우, 리플로우 프로세스의 횟수가 증가할수록 접합부의 파괴가 발생하는 사이클의 수가 감소하였으며, 특히 6회의 리플로우 프로세스를 거친 시편의 경우에는 첫 파단이 일어난 사이클수가 8회로 다른 시편들에 비해 낮은 사이클수를 갖는 것을 확인하였다. 이것은 리플로우 6회 실시 시편의 접합시 적절한 접합 강도를 가지고 접합되지 않아 생성된 현상이라 사료 된다. SEM과 광학현미경을 통한 단면 관찰 결과, 모든 조건의 시편에서 파괴가 Si 칩쪽이 아닌 PCB쪽에서 발생한 것을 확인하였으며, 특히 PCB의 Cu 패드와 플립칩 범프의 계면에서 성장한 금속간 화합물 층에서 파괴가 일어난 것으로 확인되었다. 관찰 결과 열충격 시험의 경우 모든 시편이금속간 화합물 층에서 파단이 일어났고, 전단시험의 경우 파단 부분이 금속간 화합물이 아니라 접합부 전체가 파단이 난 경우도 발생하기 때문에 금속간 화합물 층이 접합부 신뢰성의 영향 여부를 확실히 확인 할 수는 없었다. 선행 연구자들에 의해 , 리플로우 프로세스의 횟수와 시효 처리 시간이 증가 하게 되면 접합부 계면에서 성장하는 금속간 화합물 층의 두께는 증가하여 이로 인해 접합부의 강도가 저하된다는 결과를 보이고 있다[5-6]. 열충격 시험의 경우에는 금속간 화합물 층의 성장에 의한 파괴 발생이 관찰되었으며, 파괴가 발생하는 사이클수가 감소하였기 때문에 그 경향을 확인할 수 있었다

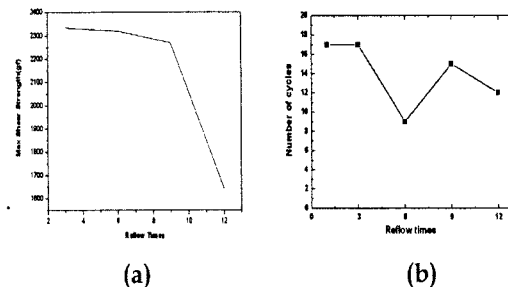


Fig.4 Number of Reflow Process times  
(a)Thermal Shock Cycle (b)Max Shear Strength

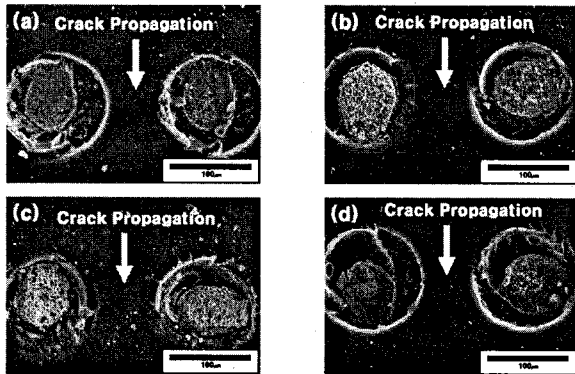


Fig.5 Fracture surface of Sn-2.5Ag solder bump after the Flip Chip shear test  
(a) 3 times, (b) 6 times, (c) 9 times, (d) 12 times

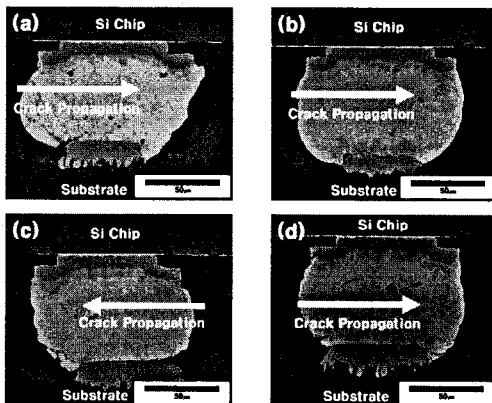


Fig.6 Cross Section of Sn-2.5Ag solder bump after the Flip Chip thermal Shock test  
(a) 3 times, (b) 6 times, (c) 9 times, (d) 12 times

#### 4. 결 론

플립칩 전단시험과 열충격 시험을 통하여 리플로우 프로세스의 횟수에 따른 플립칩 접합부의 기계적 특성을 살펴보았다. 플립칩 전단시험의 경우 리플로우 횟수에 따라 최대 전단 강도가 감소하는 것을 확인하였고, 열충격 시험의 경우 리플로우 6회를 제외한 시편의 경우 플립칩 전단시험과 동일하게 초기 파괴가 발생하는 사이클수가 감소하는 경향을 보였다. 두 시험에서 플립칩이 파단을 일으키는 부분을 확인한 결과 전단시험의 경우 뚜렷한 파단의 위치를 확인할 수 없었지만, 열충격 시험에서는 리플로우 프로세스의 횟수에 상관없이 모든 시

편에서 금속간 화합물 층을 따라 파단이 발생한 것을 확인할 수 있었다. 열충격 시험을 통하여 리플로우 횟수에 따른 금속간 화합물 층의 증가가 플립칩의 기계적 신뢰성을 떨어뜨리는 영향을 확인하였다.

#### 후 기

본 논문은 서울특별시가 지원하는 전략산업 혁신클러스터 육성 지원사업 (3D Microsystem Packaging을 위한 접합공정 및 장비개발)으로 지원되어 수행하였습니다.

#### 참 고 문 헌

1. Y.S. Kim : Reliability Test and Fatigue Life Prediction of a Flip Chip Package, Master's Thesis(2003), Department of Mechanical Engineering, Chung-Ang University
2. J. K. Choi, J. H. Park and Y. S. Ahn : Standardization of Shear Test Method for Lead-Free Solder Paste Chip(1), J. Kor. Inst. Met & Master, Vol.44, No.6(2006), 367-372
3. Jis Z 3198-7 : Test Method of lead-free solders - Part7 : Method For Shear Strength of solder joints on chip components
4. JESD22-A104-C : Temperature cycling (Revision of JESD22-A104-B)
5. Jeong, Sang Won : Effect of Cooling Rate on Growth of IMC and Shear Strength of Near Eutectic Sn-Ag-Cu Solder Joint. Doctoral Thesis(2004), Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology
6. N. Duan, J. Scheer, J. Bielen and M. van Kleef : The influence of Sn-Cu-Ni(Au) and Sn-Au intermetallic compounds on the solder joint reliability of Flip Chip on low temperature co-fired ceramic substrates, Microelectronics Reliability, Vol.43, Issue 8(2003), pp. 13 17-11327