

# Sn-3.5%Ag 솔더볼의 레이저 리플로우시 조사조건에 따른 계면반응조사

## Investigation of the interface reaction of Sn-3.5%Ag Solder Ball after laser reflowing

김정오\*, 이제훈\*, 서 정\*, 강희신\*, 정재필\*\*

\* 한국기계연구원, \*\* 서울시립대학교

### 1. Introduction

현재, 산업에서 적외선 reflow와 hot gas reflow 방법이 넓게 사용되고 있으나, 레이저 reflow는 새로운 reflow 공정으로 특히 BGA 전자 패키징에서 솔더 범핑을 위한 공정에서는 그 높은 에너지 입력과 국부 가열 능력 때문에 종래의 과정에 대한 그 우위를 보여주었다.[1-2] 1980년 이후, 레이저 reflow 솔더링은 네 배 넓이의 플랫팩(QFP) 유연의 전자 패키지의 솔더를 상호 연결하는데 성공적으로 적용하였다.[3] 그러므로 많은 연구원과 엔지니어들이 전자 패키지 산업에서 큰 이익을 주는 레이저를 이용한 reflow PBGA 솔더링을 시도하고 있다. 현재 레이저 reflow를 사용하고 있는 솔더 접합 부분의 신뢰성은 주요한 관심사이다. 레이저 reflow의 신뢰성에 영향을 미치고 있는 중요한 요인 중의 하나는 범프 및 계면의 미세조직이다. reflow 공정 동안 솔더와 패드는 금속 화합물에 형태로 서로와 함께 반응할 것이다. 대부분의 금속 화합물은 brittle 하고, 솔더 접합부분에서의 과도한 금속 화합물은 기계적인 성질을 나쁘게 할 것이다. 전통 reflow 방법에 의한 PBGA 패키지의 솔더볼과 Au/Ni/Cu metallization 사이의 계면작용은 널리 알려져있다.[4-5] 그러나, 레이저 reflow에 대한 Au/Ni/Cu 패드와 솔더범프 사이의 계면반응에 대해서는 보고 되지 않고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 다음과 같다.

- (1) 무연솔더 Sn-3.5Ag를 PCB (Cu/Ni/Au) 패드위에 레이저 reflow시 최적조건(laser power, 조사시간, 펄스수)의 확보,
- (2) 레이저 reflow시 솔더 내부 및 계면의 미세조직에서 금속간 화합물의 거동 조사.

### 2. Experimental Procedures

실험에 사용한 솔더볼은 직경이  $500\mu\text{m}$  인 Sn - 3.5Ag 공정솔더를 사용하였다. PCB 기판의 패드는 Cu/Ni/Au를 각각  $50\mu\text{m}/25\mu\text{m}/0.05\mu\text{m}$  의 두께로 전해 도금하여 형성하였고, 사용전 에칭 알칼리 용액에 담구어 초음파 세척하여 사용하였다. 그 다음 솔더볼은 RMA(resin mildly activated)-type의 플럭스가 도포된 PCB 패드위에 수동으로 올려 실험하였다. 사용된 레이저는 250W급 펄스형 Nd : YAG laser 이고, 집속렌즈는 초점거리 120 mm, 초점에서의 빔 직경은  $\approx 250\mu\text{m}$  이며, laser work table 에 장착된 CCD 카메라를 이용하여 빔 조사 위치를 확인한 후 아르곤 가스분위기에서 각 조건별로 실험하였다.

각 조건별로 레이저 조사된 시편을 에폭시 수지를 이용하여 mounting 하였고, 최종 입자 size  $0.05\mu\text{m}$ 인  $\text{Al}_2\text{O}_3$  powder까지 polishing 과정을 거친 후,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{HCl}$  5% 용액에서 1분간 애칭 하였다.

전자현미경(SEM)을 이용하여 솔더 범프 내부 및 접합계면의 미세조직을 검토하였으며, 금속간 화합물의 형성을 검토하기 위하여 EDX를 이용 하였다.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1 레이저 조사 조건(pulse energy) 변화에 따른 범펍 효과

최적의 레이저 조사 조건을 알아보기 위하여 레이저 공정변수를 바꾸어 가며 실험을 진행하였다. 레이저 reflow시 중요한 공정변수중 하나인 pulse width는 레이저의 특성상 동일 에너지일 때 pulse width의 감소는 레이저의 peak power가 상승하고, peak power의 상승은 시편에 가해지는 충격력의 상승으로 이어져, 솔더링 시 플럭스가 도포된 PCB 패드위의 솔더볼이 패드에 이탈하는 경우가 발생하기 때문에 실험에 사용된 장비의 최대인 20m sec로 실험을 진행하였다.

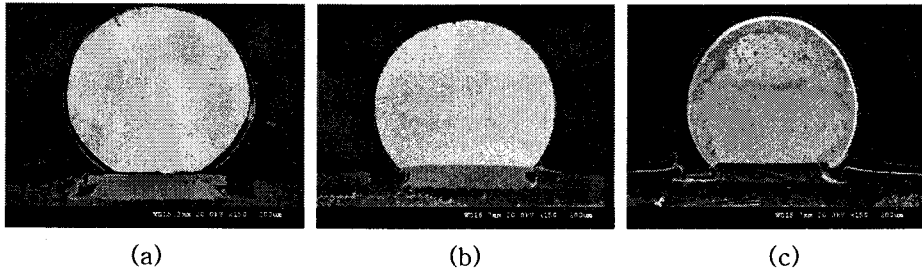


그림 1 펄스 에너지에 변화 따른 레이저 솔더링 후 범프의 단면  
펄스 반복도 5 Hz, 펄스폭 20 m sec, 조사 펄스수 1 펄스 일때 (a) 0.8 J, (b) 1 J, (c) 1.2 J,

그림 1은 펄스 에너지에 변화 따른 레이저 솔더링 후 범프의 단면 형상이다. 1-(a)는 솔더링에 필요한 펄스 에너지의 부족으로 인하여 충분한 wetting 이 일어나지 않아 패드 표면에 약하게 붙어있는 상태이며 mounting 과정에서 패드와 분리 되었고, 1-(a) 보다 더 약한 에너지로 조사 하였을 경우는 접합되지 않았다. 1-(c)는 과도한 에너지로 인하여 패드의 Cu와 Ni 층 사이에서 crack이 발생하였다. 이는 레이저의 급속한 가열에 의한 용융한 솔더의 대류효과에 의해, 또한 빠른 냉각속도로 인하여 계면에 발생하는 더 높은 스트레스가 원인이 된다고 보고 되고 있다.[6] 1-(b)는 계면 및 솔더 내부에 특정한 결함들이 존재하지 않는 양호인 형태의 솔더 범프를 형성할 수 있었다.

#### 3.2 레이저 조사 조건(pulse number)변화에 따른 내부조직 및 금속간 화합물의 거동

Laser energy 0.8 J pulse width 20 mS, pulse 간 간격이 200mS 일때, pulse수 변화에 따른 솔더링 후 솔더내부를 FE-SEM을 이용하여 미세조직을 관찰한 결과, 솔더 내부의 조직은 한 pulse 일때, 레이저 조사가열의 특징인 급속한 냉각속도에 의해 생성된  $Ag_3Sn$ 으로 추정되는 금속간 화합물의 침상 바늘모양에서 pulse 수의 증가와 더불어 막대 모양으로 조대하게 되었고, 이는 pulse 수의 증가는 솔더 내부에 가해지는 레이저 의 입력에너지의 증가와 냉각속도의 변화로 기인된 것으로 사료된다. 같은 조건으로 패드와 솔더의 계면에 대한 미세조직은 레이저 pulse 수가 1개일 때 위에서 기술한 바와 같이 레이저 입력 에너지의 부족으로 충분한 wetting 이 일어나지 않아 솔더와 패드가 접합되지 않았으며, 입력 에너지 증가 즉, pulse 증가와 더불어  $Ni_3Sn_4$ 의 금속간 화합물 두께는 지속적으로 성장한 것으로 나타났다.

#### 4. Conclusions

펄스형 Nd:YAG laser를 사용하여 레이저 reflow 솔더링시 레이저공정변수가 펄스 반복도; 5 Hz, 펄스폭; 20 m sec, energy; 1 J, 일 때 양호한 결과를 얻을 수 있었으며, 또한 pulse수 증가 즉, 레이저 입력에너지 및 조사 시간이 증가함에 따라 솔더 내부의 침상의 Ag<sub>3</sub>Sn 금속간화합물이 막대형태로 변화하였고, 솔더와 패드의 계면에서는 Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>의 금속간 화합물이 지속적으로 성장함을 알 수 있었다.

#### 5. References

1. D. James, A. Hayward, Lasers in Microelectronic Manufacturing, vol. 1598, SPIE, 1991, pp. 164/169.
2. J.-H. Lee, Y.-H. Lee, Y.-S. Kim, Scripta Mater. 42 (2000) 789/ 793.
3. Hayward, J.D. (1991), "Development of laser bonding as a manufacturing process for inner lead bonding", in Braren, B. (Ed.) *Proceedings of SPIE, Lasers in icroelectronic Manufacturing*, SPIE, Bellingham, USA, Vol. 1598, pp. 164-9.
4. K. Zeng, J.K. Kivilahti, J. Electron. Mater. 20 (2001) 35/44.
5. Z. Mei, Kaufmann, A. Eslambolchi, P. Johnson, Proceedings of the Pacific Rim/ASME International Intersociety Electronic and Photonic Packaging Conference, vol. 2, Advances in Electronic Packaging 1997, ASME, New York, USA, 1997, pp. 1543/1550.
6. Yanhong Tian, Chunqing Wang, Xiaodong Zhang, Deming Liu, Materials Science and Engineering, 2002, pp.254-262