

## 레이저 공정에 따른 BGA용 solder ball의 접합 특성

### Bonding properties of BGA solder ball with laser process

김성욱\*, 김숙환\*, 윤병현\*, 천창근\*, 박재현\*\*, 권영각\*

790-330, 경북 포항시 남구 효자동 산32, RIST 용접센터\*,

RIST 신뢰성 평가 센터\*\*

**ABSTRACT** Laser have been utilized as a heat source for the soldering of electronic components for the their capability of localized heating and faster heating rate. Laser soldering process, especially the diode laser soldering of BGA solderball was investigated. In this study, an attempt was made to investigate the possibility of laser soldering using Sn-37Pb and Sn-3Ag-0.5Cu solderball. The laser energy absorbed on the pad raised the temperature of the solderball forming a reflowed solder bump. The result were discussed based on the measurement of pull and shear strength of the bond.

## 1. 서 론

Laser soldering의 가장 큰 장점은 국부적인 가열 방식이다. 접합부의 솔더를 순차적으로 용융시켜 접합하므로 인접 패드가 동시에 녹지 않고, 따라서 인접 패드 사이의 브리지가 일어날 가능성이 최소화되며, 인접한 부품에 손실을 끼치지 않고 열을 가할 수 있기 때문에 마이크로 부품의 초집적 패키지 접합공정에 적용된다. Laser soldering은 넓은 범위의 부품 솔더링에 사용될 수 있으며, Sn/Pb 솔더로부터 무연솔더로의 변화에도 단지 레이저 출력을 증가시킴으로써 적용이 가능하다. [1-2]

반도체 레이저의 경우 laser diode에서 출력되는 빛은 자체의 Divergence를 가지고 있어서 직접 사용하기 어려우므로 Lens를 사용하여 Collimated Beam을 만들고 알맞게 광학계를 설계하여 적용한다.[3-4]

본 연구에서는 Nd:YAG 레이저를 이용한 솔더볼의 접합에 대한 지난 보고[5]에 이어 diode 레이저를 이용한 솔더볼 접합을 실시하여 레이저 공정 및 공정 변수에 따른 접합 특성을 비교 파악하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 솔더볼은 Fig.1에서와 같이 직경 0.76mm이며, Sn-37Pb 및 Sn-3.0Ag-0.5Cu의 두 가지 조성을 이용하였다.

준비된 솔더볼은 PCB 기판의 Cu 패드 위에 올려놓고 레이저 솔더링을 실시하였다. 사용된 PCB 기판은 Cu 패드에 Ni이 3 $\mu$ m, Au가 0.03~0.05 $\mu$ m정도 도금되어 있으며, FR-4 재질이다.

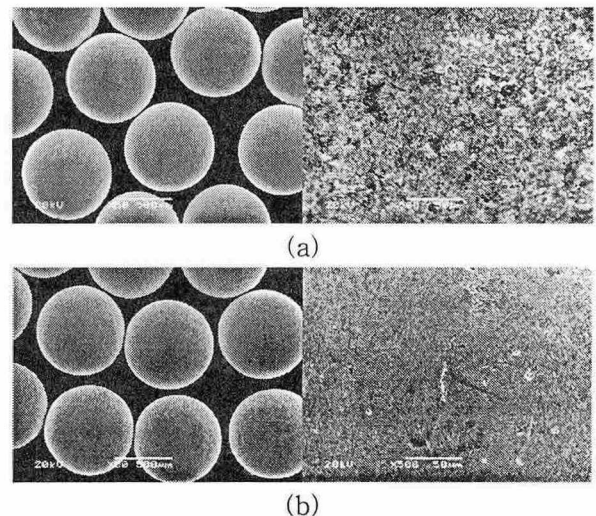


Fig.1 The shape and surface of solderballs for laser soldering (a) Sn-37Pb (b) Sn-3Ag-0.5Cu

2.1 레이저 솔더링

본 연구에서는 평균 최대 출력이 50W인 diode 레이저(Wave length : 780~1000 nm)를 이용하였으며, 빔은 싱글 펄스로 재료에 조사 되었다. Fig.2에서와 같이 발전기에서 출력된 레이저 빔은 미러를 이용하여 빔을 시편의 방향으로 조사시키고 콜리메이트를 이용하여 빔을 집속 시킨 후 집광렌즈로 솔더볼 상단에 집광하였다.

레이저 공정변수로는 빔파워 및 펄스폭을 변화시켰으며, 펄스폭은 70ms로 고정된 상태에서 Sn-37Pb의 경우 24, 28, 32A로, Sn-3.0Ag-0.5Cu는 28, 32, 36A로 변화시켜가며 솔더링을 실시하였다. 펄스폭 변화 실험은 Sn-37Pb의 경우 28A로 빔파워를 고정시킨 상태에서 펄스폭을 60~100ms까지 변화시켰으며, Sn-3.0Ag-0.5Cu는 32A의 고정 조건에서 60~100ms까지 변화시켜가며 솔더링을 실시하였다.

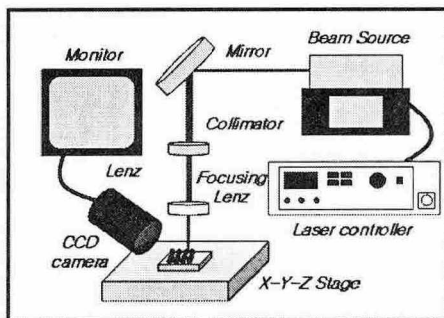


Fig.2 Schematic diagrams of diode laser soldering system

2.2 접합부 특성 평가 및 조직 관찰

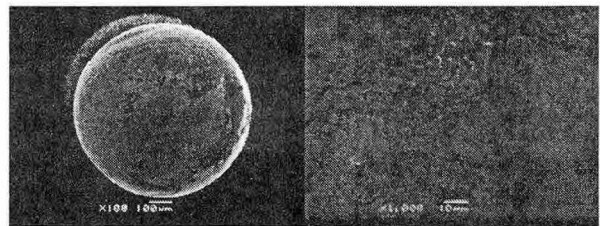
각 공정에 따른 접합부의 특성은 Shear 및 Pull test를 이용하여 실시하였다. Shear test의 경우 하중 20kg, 전단속도 3mm/min으로 실시하였으며, pull test는 5kg의 sensor로 실시하였다.

접합된 솔더볼은 각각 표면 및 단면의 미세조직을 관찰하여 공정변수에 따른 조직변화를 파악하고자 하였으며, 파단된 솔더볼 접합면을 관찰하여 공정변수와의 관계를 알아보하고자 하였다.

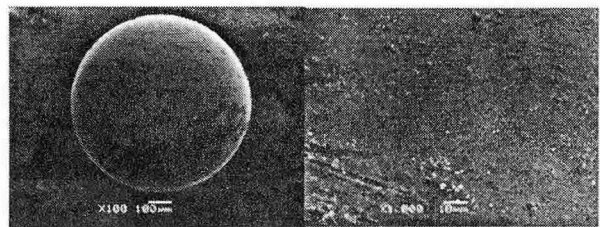
3. 실험 결과 및 고찰

3.1 레이저 접합부

Fig.3은 Sn-37Pb 및 Sn-3Ag-0.5Cu 솔더볼의 레이저 솔더부를 관찰한 사진이다. 레이저 조사 조건은 각각 (a)의 경우 28A, 70ms이고, (b)는 32A, 70ms이다. 접합된 솔더볼은 레이저 조사 시 용융 응고되면서 둥근 형태를 가지고 있으며, 표면은 매끄러운 것으로 파악되었다.



(a)



(b)

Fig.3 The shape and surface of laser bonded solderball (a) Sn-37Pb (b) Sn-3Ag-0.5Cu

3.2 Shear 및 Pull test

Fig.4는 Sn-37Pb 솔더볼 레이저 접합부에 대하여 pull 및 shear test를 실시한 결과를 나타낸 것이다.

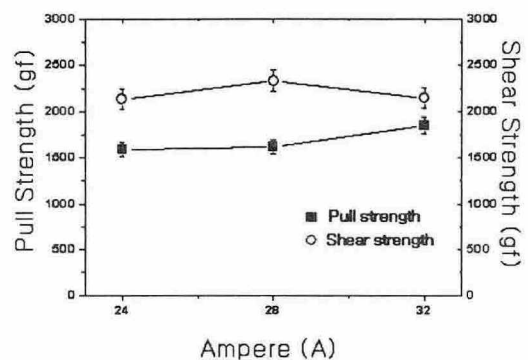


Fig.4 The result of pull and shear test

Shear 강도는 빔 전류가 증가함에 따라 약간 증가하다가 감소하는 경향을 나타내는데 2000 gf 이상의 강도를 가지는 것으로 파악되었다. 32A에서의 강도 감소는 과도한 입열로 인한 영향인 것으로 사료된다.

### 3.3 접합부 단면 미세조직

레이저 공정변수가 솔더볼의 용융 및 응고에 미치는 영향을 파악하기 위해 미세조직을 관찰하였다. Fig.5는 Sn-37Pb 솔더볼을 전류를 변화시켜가며 접합한 솔더부의 단면을 나타낸 것이다. 전류가 증가함에 따라 입열량의 증가로 인하여 보다 미세한 공정조직을 형성하는 것으로 관찰되었다. 접합 계면 부근에서 관찰되는 금속간 화합물의 경우 문헌[6]에 의하면 Au 도금층의 두께가 두꺼운 경우에는 (~2 $\mu$ m) Sn과의 반응에 의한 AuSn<sub>4</sub>가 형성된다는 보고도 있으나 본 연구에서 사용된 도금층의 경우 매우 얇은 0.03~0.05 $\mu$ m 정도이므로 주로 Ni 도금층과의 반응에 의한 Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>가 형성되었을 것으로 판단된다.

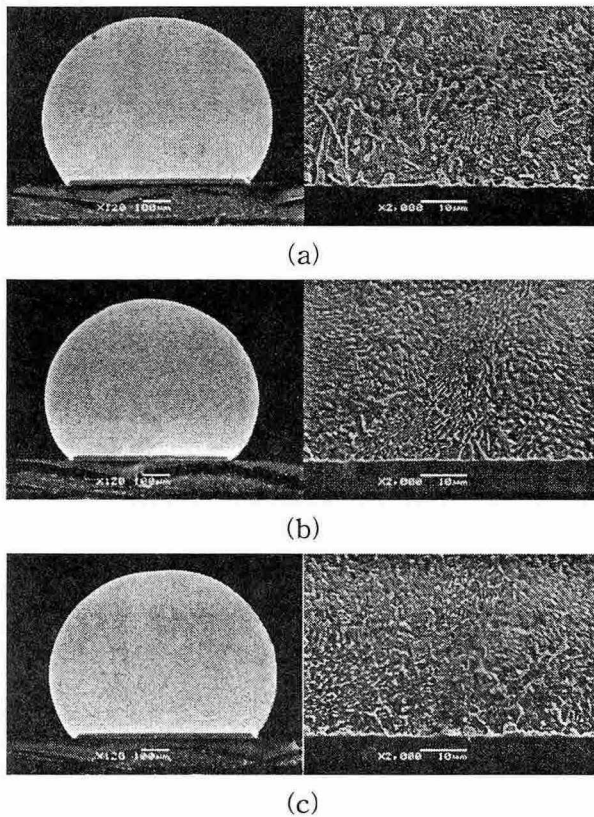


Fig.5 Microstructures of laser soldered solderball and interlayer (Sn-37Pb)  
(a) 24A (b) 28A (c) 32A

### 3.4 접합부 파면

Fig.6은 shear test를 실시한 후 레이저 접합부의 파면을 나타낸 것이다. 파면은 연성 파괴형태를 나타내고 있는데 이는 레이저 솔더링 시 급격한 가열 및 냉각에 의해 냉각동안의 계면 생성 화합물이 파괴에 영향을 미칠 만큼 형성되지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

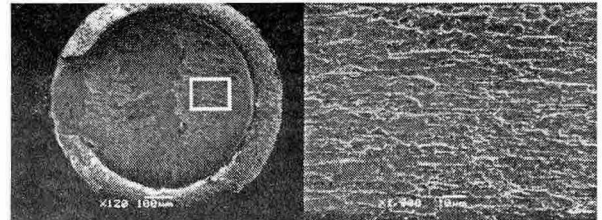


Fig.6 Fractured surface of laser bond after shear test

## 4. 결 론

Diode laser를 이용하여 솔더볼의 솔더링을 실시한 결과

1. 빔 전류가 증가에 따라 입열량 증가로 shear 강도는 약간 감소하는 경향을 나타내었다.
2. 펄스폭의 변화는 솔더부의 강도에 크게 영향을 미치지 않았다.
3. 같은 조건으로 조사 시 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더부의 접합강도가 Sn-37Pb의 접합부 보다 높은 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 飯島微檣, 城 和彦, 大竹祐吉 : レーザ技術活用マニユアル, 工業調査會, (1994), 37-39
2. J.H.Lee, Y.H.Lee and Y.S.Kim : Scripta Mater., 42 (2000), 789
3. Tony Hoult, Merrill Apter : Diode lasers in novel applications, Industrial laser solutions, (2001), 35
4. A.P.Hoult, A.J.McLenaghan, J.Rathod : Advances in laser soldering using high power diode lasers, Proceedings of SPIE, 4831 (2003), 71
5. 김성욱, 김숙환, 윤병현, 박서정, 박재현, 권영각 : DBM공정 제조 solderball의 laser 접합 특성, 대한용접학회 춘계학술 발표대회, (2005), 22
6. Y.Tian, C.Wang, X.Ge, P.Liu, D.Liu : Intermetallic compounds formation at interface between PBGA solderball and Au/Ni/Cu/BT PCB substrate after laser reflow processes, Mater. Sci. & Eng., 95 (2002), 254