

DBM 공정 제조 solder ball의 laser 접합 특성

Laser bonding properties of solder ball fabricated by Droplet-Based Manufacturing Process

김성욱*, 김숙환*, 윤병현*, 박서정*, 박재현**, 권영각*

* RIST 용접센터

** RIST 신뢰성평가센터

1. 서 론

반도체 패키징 기술은 제품의 경박단소화 추세에 따라 DIP-SOP-QFP-TSOP-BGA-CSP의 형태로 이행되고 있다. 즉, 고속/고전력/저잡음 패키지의 요구는 동일한 단자수에서 패키지 외형의 소형화, 피치의 증가, 보드(board) 당 칩(chip) 수를 증가시킬 수 있는 표면 실장형(SMT) 기술의 발전을 가져왔다. 이 중 BGA에 사용되는 솔더볼(solder ball)은 제품화를 위해 기본적으로 진구도, 조성의 균일성, 표면 산화물 형성 방지 및 크기의 균일성이 요구되고 있다.[1]

솔더볼 제조에는 여러 가지 방법이 있으나 재료를 와이어 형태로 제조한 다음 일정 크기로 잘라서 용융시켜 볼 형태로 응고시키는 방법이 가장 널리 사용되고 있다. 최근 개발된 DBM(Droplet-Based Manufacturing)은 용융 솔더 재료를 압전체의 진동에 의해 노즐을 통해 분사함으로써 일정한 크기의 솔더볼을 제조하는 공정으로서, 기존의 공정에 비해 균일한 크기의 솔더볼을 지속적으로 대량으로 제조할 수 있다는 장점을 가진다.[2]

한편, 솔더링 방법에 있어서는 현재 IR-리플로우와 열풍 리플로우 방식이 널리 사용되고 있으며, 레이저 솔더링 방식이 연구 진행 중에 있다. 레이저 솔더링은 높은 입열량과 국부적 가열 능력 등의 장점을 가지고 있으며 인접한 패드 사이가 동시에 녹지 않으므로 브릿지가 일어날 가능성을 최소화하며, 인접 부품에 영향을 줄일 수 있기 때문에 BGA 패키징 분야의 연구에서 관심이 되어 오고 있다.[3-4]

본 연구에서는 DBM 방식으로 솔더볼을 제조한 후 제조된 솔더볼의 특성을 파악하고, Nd:YAG 펄스 레이저를 이용하여 Cu 패드와 접합

함으로써 레이저 공정에 따른 특성을 연구하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 솔더볼 제조

솔더볼 제조를 위한 솔더 재료는 63Sn-37Pb를 이용하였다. 1Kg의 솔더바(solder bar)를 fig.1에서와 같이 DBM장비 내 챔버에 넣고 Ar 분위기에서 가열시켜 액상 형태로 만든 후 직경 380 μ m의 노즐을 통해 약 1kgf/cm²의 가압력으로 분사를 실시하였다. 분사된 용융 솔더는 실리콘 오일을 통해 자중에 의해 가라앉힘으로써 구형의 볼 형태를 형성하도록 하였다.

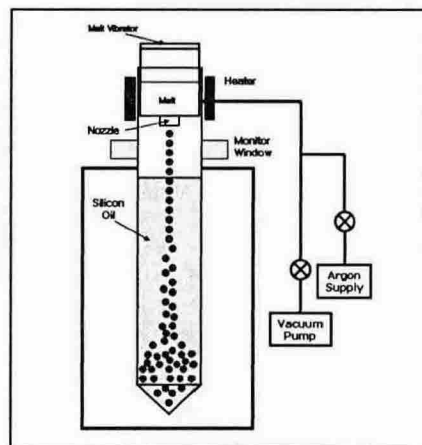


Fig.1 Schematic diagram of DBM system

2.2 레이저 솔더링

DBM으로 제조된 솔더볼은 fig.2에서와 같은 형태의 PCB 기판의 Cu 패드 위에 올려놓고 레이저

솔더링을 실시하였다. 레이저 솔더링시 솔더볼은 직경 0.76mm를 이용하였고, 용해성 플럭스에 담긴 후 패드 위에 올려놓고 실시하였다.

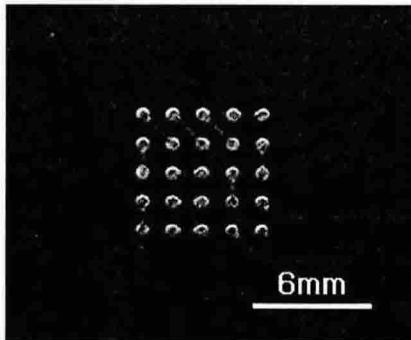


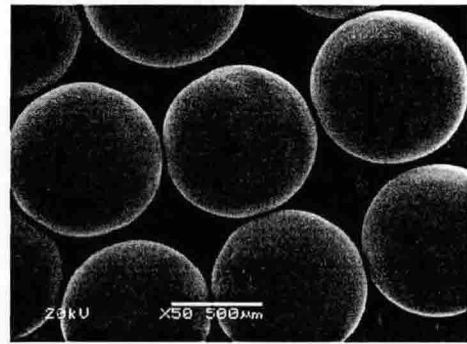
Fig.2 PCB for laser BGA soldering

본 실험에서는 평균 최대 출력이 100W인 Nd:YAG 펄스 레이저(Wave length : 1,064nm)를 이용하였으며, 빔의 강도 분포는 가우스 분포로 싱글 펄스(Single Pulse)에 의해 재료에 조사 되었다. 발전기에서 출력된 레이저 빔을 콜리메이트(Collimation)한 후 집광렌즈에 의해 약 500 마이크로미터의 빔 집점으로 솔더볼 상단에 집광하였다. 레이저 빔의 펄스폭(Pulse duration time)은 각각 6ms, 8ms, 10ms의 조건이며 피크 파워는 여기 램프의 전압에 의해 250V - 300V 범위에서 제어 되었다. 펄스폭과 피크파워에 의해 레이저 입열량은 약 8J/pulse 에서 10J/pulse 범위 내에서 솔더볼에 조사되도록 실험을 실시하였다.

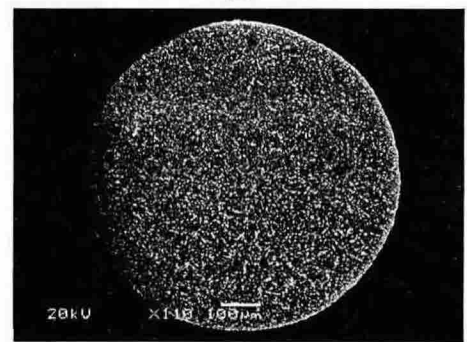
3. 실험결과 및 고찰

3.1 DBM 공정 제조 솔더볼

Fig.3은 DBM 공정을 통해 제조된 63Sn-37Pb 조성 솔더볼의 외형 및 단면을 SEM으로 관찰한 것이다. Fig.3(a)에서와 같이 볼은 우수한 구형도를 가지고 있으며, 표면이 매끄러운 것으로 관찰되었다. 솔더볼 내부의 결함을 파악하기 위해 단면을 관찰한 결과 fig.3(b)에서와 같이 내부는 기공이 없이 치밀한 형태로 되어 있으며, Sn-Pb의 공정 조직을 형성하고 있는 것으로 관찰되었다.



(a)



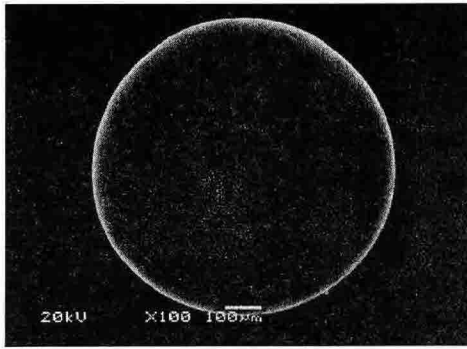
(b)

Fig.3 Morphology of 63Sn-37Pb solder ball
(a) Surface (b) Cross section

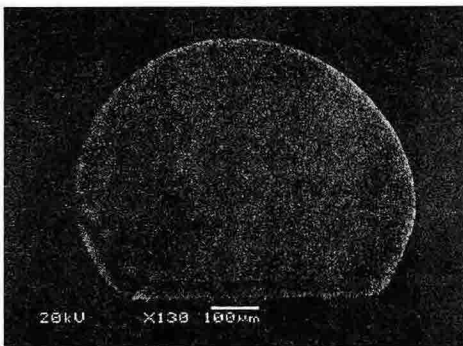
3.2 레이저 솔더링

Fig.4는 전압 275V, 펄스폭 8ms로 레이저를 인가한 경우 접합된 솔더볼의 외형 및 접합 단면을 나타낸 것이다. Fig.4(a)는 솔더볼 접합부를 위에서 내려다 본 것으로 솔더볼의 형태는 구형을 유지하고 있으며, 표면은 매끄러운 것으로 관찰되었다. Fig.4(b)는 접합부 측면의 단면을 나타낸 것이다. 솔더볼은 용융되었다가 응고되면서 기판의 Cu 패드와 접합부를 형성하고 있는 것을 관찰할 수 있다.

Fig.5는 레이저 공정 변수 변화에 따른 솔더볼 접합부의 pull test 및 shear test 결과를 나타낸 것이다. Fig.5(a)는 빔 펄스를 80ms로 고정시키고 전압을 변화시킨 경우 pull 및 shear 강도를 나타낸 것으로 강도는 전압이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 파워를 고정시키고 레이저 빔 펄스를 증가시킬 경우에는 조사되는 빔 유지 시간이 증가하기 때문에 입열량은 증가하게 된다. 따라서 빔 펄스 증가에 따라 증가되는 에너지는 솔더볼 및 기판에 영향을 미치게 된다. 이로 인하여 접합 특성은 떨어지게 되므로 기계적 특성은 fig.5(b)에서와 같이 펄스 증가에 따라 감소하는 경향을 나타낸 것으로 판단된다.

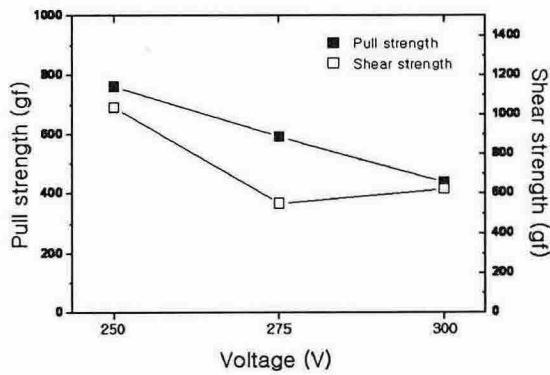


(a)

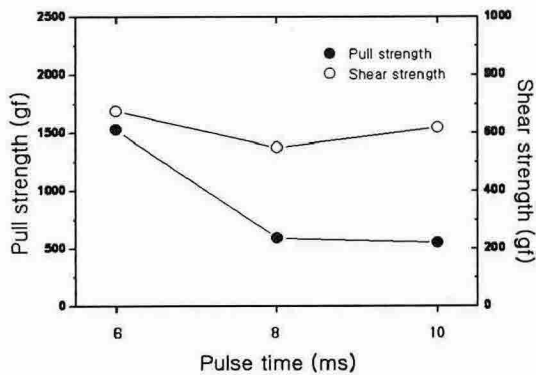


(b)

Fig.4 Morphology of solder ball after laser soldering
(a) Top view (b) Cross section



(a)



(b)

Fig.5 Results of mechanical test for solder bonds
(a) Voltage (b) Pulse time

Fig.6에서 관찰된 바와 같이 shear test 파면의 확인 결과 파괴는 솔더볼이 아니라 Cu 패드가 기판에서 분리됨으로써 발생한 것으로 관찰되었다. 이는 레이저 조사 시 빔이 솔더볼의 용융에만 영향을 미친 것이 아니라 PCB의 동박에도 영향을 미쳤다는 것을 의미한다. 따라서 적절한 접합부의 강도 향상을 위해서는 펄스 및 피크 파워의 레이저 공정 변수 뿐만 아니라 빔 초점의 크기와 레이저 특징인 급랭으로 인한 응고수축도 고려가 되어야 할 것으로 판단된다.

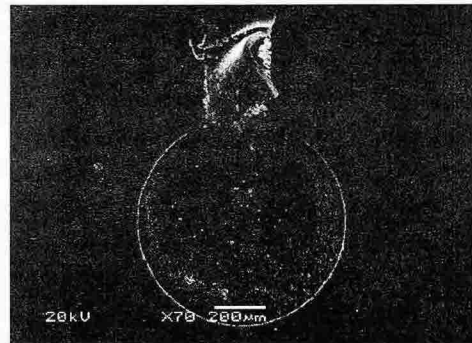


Fig.6 Fractured surface after shear test

4. 결 론

DBM 공정으로 솔더볼을 제조한 후 Nd:YAG 펄스 레이저 솔더링을 실시한 결과 외관상으로는 양호한 결과를 얻었으나 접합부 강도는 신뢰성 기준 강도 보다 낮은 것으로 나타났다. 접합강도는 입열량 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 레이저의 국부적인 가열에 의한 영향으로 Cu 패드가 기판에서 분리되었기 때문인 것으로 확인되었다. 따라서 접합부의 강도 향상을 위해서는 빔의 피크파워와 펄스폭의 변수 뿐만 아니라 레이저 초점의 크기 및 냉각 사이클을 조절하는 추가 연구가 필요하다.

참고문헌

1. H.L.Lau, Ball Grid Array Technology, McGraw Hill, NY, 1995
2. H.C.Eom, K.M.Cho, I.H.Song and Y.D.Han, J.Kor.Inst.Met.&Mater., 41(1), 2003, p.56
3. D.James, A.Hayward, Lasers in Microelectronic Manufacturing, vol.1598, SPIE, 1991, p.164-169
4. M.Hartmann, Lasers in Microelectronic Manufacturing, vol.1598, SPIE, 1991, p.175-181