

P함량에 따른 무전해 Ni-P UBM층과 Sn-3.5Ag솔더의 BGA접합부

신뢰성에 관한 연구

A study on reliability of electroless Ni-P UBM layer as variation of P content and Sn-3.5Ag solder in BGA joints

박종현*, 김봉균*, 이창열*, 정승부*, 서창제*

* 성균관대학교 신소재공학과

1. 서 론

최근 Pb가 함유된 솔더의 사용이 환경과 인간에게 치명적인 영향을 끼치기 때문에 이에 대응하여 모든 전자 패키징 기술에서는 Sn을 기반으로 하는 무연솔더로의 전환이 이행되고 있다.

Sn은 금속학적으로, 환경적으로, 경제적으로 양호하므로 여기에 성질을 개선할 수 있는 성분을 첨가하여 2원계, 혹은 3원계 솔더 합금을 개발하고 있다.

Cu는 실장기술에서 널리 사용되는 UBM(Under Bump Metallurgy) substrate이나, 무연솔더내의 Sn과 Cu계면에서의 솔더반응동안 Cu-Sn간 금속간화합물(IMC)의 급속한 성장 때문에 접합부 신뢰성에 심각한 문제를 야기한다. 따라서 솔더링성을 향상시키고, 솔더 확산 방지 layer로서 균일한 IMC층을 형성하는 저가의 무전해 Ni-P도금층이 UBM층으로 최근 micro-electronic 실장기술에서 많이 적용되고 있다. 또한 Cu-Sn간 IMC보다 Ni-Sn간 IMC의 성장률이 낮아 접합부의 안정성을 유지하므로 신뢰성 향상에 기인한다.

비정질의 Ni-P층은 솔더와의 계면반응에서 P의 영향으로 도금층의 두께 및 접합부의 신뢰성에 영향을 미치는 것으로, Ni-Sn간 IMC형성에 따른 P의 침적으로 결정질의 P-rich layer가 형성됨은 잘 알려져 있다. 본 연구에서는 P함량(7wt%, 10wt%) 변화에 따른 무전해 Ni-P UBM층과 Sn-3.5%Ag 무연솔더와의 반응에서 시효시간에 따른 계면특성 및 전단강도 시험에 의한 기계적인 성질을 고찰함으로써 BGA 접합부의 신뢰성을 평가하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 BGA substrate 및 Solder Ball

본 실험에서 사용된 BGA 기판은 피치 간격이 1.27mm이며, Pad는 직경 0.64mm이다. 기판으로 Cu위에 P함량이 7wt%, 10wt%정도의 무전 Ni-P도금을 시행하였고, 이후 Ni층의 산화방지 및 젖음성향상을 위해 Au를 도금하였다. 솔더볼은 Sn-3.5Ag이며, 볼의 직경은 0.76mm이다.

2.2 리플로우 공정

준비된 2종류의 BGA기판표면의 오염물질을 제거하기 위해 아세톤으로 세척을 한 후 pad의 산화물을 제거하기 위해 10% H_2SO_4 -90% CH_3OH 로 1분간 산세처리 한 후 플럭스를 도포하였다. 리플로우시 최고 도달온도는 250°C였고 2분간 리플로우 하였다.

2.3 등온 시효 실험

솔더와 기판 계면에 형성되는 금속간 화합물은 일반적으로 접합부의 신뢰성에 영향을 미친다고 알려져 있다. 따라서 계면에 형성되는 금속간 화합물의 열시효에 따른 영향을 살펴보고자 하였다. 열처리 온도는 100, 120, 150, 170°C이며 시 1~4주간 실시하였다.

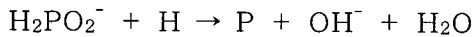
2.4 Ball shear test 및 파면 관찰

Ball shear test는 BGA 실장에서 솔더접합부의 접합강도를 측정하기 위해 가장 널리 사용되는 방법이며 본 실험에서는 각각의 기판위에서 20개의 솔더볼을 ball shear test 하였고, 그 평균값을 계산하였다. 전단시험후 파면의 관찰은 주사전자현미경(scanning electron microscope)을 이용하였고, 상분석은 EDS(energy dispersive spectro- scope)를 이용하였다.

참고문헌

3. 실험 결과 및 고찰

무전해 Ni-P도금은 차아인산나트륨($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)이 환원제로서 Ni원자를 석출시킨 후, 다음 반응식에 의해서 P가 증착되어 Ni층은 비정질층을 형성시킨다.



도금액 pH값이 증가할수록 P함량은 작아지나 무전해 Ni-P도금층의 증착율은 증가한다.

reflow이후 aging에 따른 Ni-Sn간 금속간 화합물인 Ni_3Sn_4 층은 aging시간에 따라 증가하였다. 금속간화합물층의 형성은 무전해 Ni-P도금층내의 Ni원자가 솔더내의 Sn원자와 결합하기 위해 계면쪽으로 확산에 의한 것이며, P함량이 적은 무전해 Ni-P도금층은 P함량이 많은 무전해 Ni-P도금층에 비하여 무전해 Ni-P층내에서 N 원자의 확산을 방해하는 P성분이 상대적으로 적기 때문에 금속간 화합물(Ni_3Sn_4) 성장속도가 더 빨라짐을 알 수 있다. 또한 계면에서 솔더내의 Sn과 도금층내의 Ni의 빠른 확산반응은 무전해 Ni-P층내에서 반응에 참여하지 않는 P가 확산하여 P-rich layer를 이루게 되는데, 여기서 P-rich layer는 EDS분석결과 Ni_3P 이며, 지속적인 솔더와의 반응으로 인해 성장되는 Ni_3Sn_4 IMC층의 영향으로 P-rich layer도 또한 성장한다. 전단강도 시험에서는 리플로우 직후에는 솔더부에서 파단이 일어나는 연성파괴모드가 일어나나, 시효시간이 계속 증가함에 따라서 취성파괴모드로 변화되며, aging시간이 증가함에 따른 솔더의 조직이 조대화의 영향과 솔더/금속간화합물의 접합면적의 감소, Ni-Sn금속간 화합물 형성에 의한 volume shrinkage등으로 전단강도값이 하되는 것으로 사료된다.

1. Xie Haowen, Zhang Bangwei : Effects of preparation technology on the structure and amorphous forming region for electroless Ni-P alloys, *Journal of Materials Processing Technology* 124 (2002)
2. Masataka Nishiura, Akihiro Nakayama, S. Sakatani, Yasuhiro Kohara, Keisuke Uhenishi, F. Kobayashi : Mechanical strength and microstructure of BGA joints using lead-free solder, *Materials Transaction*, Vol. 43, No. 8 (2002) 1802 to 1807
3. M. O. Alam, Y. C. Chan, K. C. Hung : Reaction kinetics of Pb-Sn and Sn-3.5Ag solder balls with electroless Ni pad during reflow soldering in microelectronic packaging, *2002 Electronic Components and Technology Conference* 1650-1657
4. Young-Doo Jeon, Kuyng-Wook Paik, Kyoung-Soon Bok, Woo-Suk Choi, Chul-Lea Cho : Studies on Ni-Sn Intermetallic compound and P-rich Ni layer at the electroless Nickel UBM-solder interface and their effects on Flip-Chip solder joint reliability, *2001 Electronic components and technology conference*
5. M. O. Alam, Y. C. Chan, K. C. Hung : Reliability of the electroless Ni-P layer against solder alloy, *Microelectronic Reliability* 42 (2002) 1065-1073
6. Akira Meada, Toshio Umemura, Qiang Wu, Yoshihiro Tomita, Takeshi Abe : Formation of Ni_3Sn_4 at the boundary between Sn-Pb soldering layer and Au/Ni plated coating, *2000 International Symposium on Advanced Packaging Materials*