2004년도 추계 학술발표대회 발표논문, 2004년 11월, 천안

무전해 Ni 도금층의 종류에 따른 BGA접합부에서 Sn-3.5Ag solder와의 Soldering 특성 연구

A Study on the Soldering Characteristics with Sn-3.5Ag solder and various electroless Ni plating in BGA Joints

이규하*, 박종현*, 서창제*

* 성균관대학교 신소재공학과

1. 서 론

고기능 컴퓨터 및 정보통신 멀티미디어 시스템 제품을 구현하기 위하여 많은 양의 정보를 신속하고 정확하게 처리하기 위한 반도체 칩의 발전과 더불어 칩과 다른 주변기기기간의 상호 신호 전달을 위한 전자 패키지구조 또한 빠른 속도로 진행되고 있다. 현재 전자 패키징에서 칩 접속 기술의 당면 과제는 빠른 신호 전달과 접속 밀도(단위 면적당 접속수)를 증가시키는 것이다. 그런데, 기존의 칩 접속 방법인 와이어 본딩 이나 TAB(Tape Automated Bonding)기술로는 이와 같은 요구를 충족시키는데 한계가 있다. 이에 따라 칩의 가장자리를 통해서만 접속 시키던 기존의 방법과는 달리 칩의 전 면적을 활용하는 Area Array 방식을 사용하여 접속 밀도를 증가시키며 Ball 형태를 사용하여 접속길이를 짧게 하는 BGA, CSP, Flip chip 기술에 대한 요구가 커지고 있다.

면적실장 형태 접속방식은 이차원적 평면에 격자형식으로 분포된 솔더볼을 통하여 PCB(Printed Circuit Board)등과 전기적/기계적으로 연결하는 것이며 주변실장 형태보다 단위 패키지 면적당 많은 I/O수를 가질 수 있으므로 고성능 패키지에 적합하며 짧은 접속 거리에 의해 낮은 인덕턴스와 커패시턴스를 가지며, 칩(Chip) 바로 아래에 있는 솔더볼이 발생하는 열을 방출하는 역할을 하므로 열특성도 우수하다. 또한 패키지 면적 및 비교적 넓은 피치 및 솔더의 표면장력에 의한 self-alignment 등에 의한 생산성이 높은 장점을 가지고 있다.

Cu는 실장기술에서 널리 사용되는 전극 재료 이나 무연 솔더는 Sn을 주원소로 하는데, 낮은 온도에서도 확산이 빠른 솔더는 솔더링 공정 중 Cu층과 급속한 반응을 하여 금속간 화합물을 형성하게 되며, 이러한 금속간 화합물은 취성이 강하고 성장이 급속함으로 솔더 접합부의 기계적인 강도를 저하시키게 된다. 따라서 Cu와 Sn원자들의 확산을 방지하기 위한 확산방지막(Diffusion barrier layer)이 필요하며, 이러한 금속박막층을 형성하기 위한 방법으로는 증착 (Evaporation), PVD, 전해도금(Electro plating), 무전해도금(Electroless Plating)등 많은 방법이 제시되고 있다. 이러한 도금 방법 중 현재 BGA에서 가장 널리 사용되는 도금 방법은 Au/Ni 도금 법이다. 화학환원 도금은 환원제의 산화에 의해 방출되는 전자가 금속이온에 전이하여 금속피막을 형성시키는 도금 법으로 무전해 도금이라 불리기도 하며, 최근 Micro-electronic 실장기술에서 많이 적용되고 있는 추세이다.

무전해 도금은 외부의 전원없이 도금욕의 pH, 온도, 환원제등의 변수에 의해 Ni이온이 석출되는 원리이므로 이용도가 높고 유리하다. 따라서 본 연구에서는 BGA기판위에 무전해 Ni (7wt%P, 10wt%P, 1wt%B, 3wt%B) 도금을 각각 실시하여, 도금후의 각각의 도금층 특성 평가 및 Sn-3.5Ag 솔더와의 Wetting balance test를 통하여 젖음 특성을 관찰하였다. 그리고 리플로우 이후, 고상 시효 처리에 따라 생성되는 금속간 화합물의 성장 거동 및 계면 현상을 관찰하였다.

2. 실험방법

2.1 무전해 Ni도금 및 도금층 특성 관찰

본 실험에서 사용된 BGA기판은 피치 간격이 1.27㎜이며, Pad는 직경 640㎛이다. Cu층위에 무전해 Ni(7wt%P, 10wt%P, 1wt%B, 3wt%B)

도금을 각각 약88℃와 약 58℃에서 4-6㎛정도로 시행하였고, 이후 Ni층의 산화방지 및 젖음성 향상을 위하여 무전해Au를 약 90℃에서 15분간 도금하였고 두께는 0.15㎛로 측정되었다. 솔더볼은 Sn-3.5wt%Ag이며, 볼의 직경은 760㎛이다. SEM을 이용하여 도금층의 미세조직을 관찰하였고, XRD를 이용하여 도금층의 성분분석 및 결정 구조를 관찰 하였다. 또한 4-point probe법을 이용하여 각 도금층의 전기저항 및 비저항을 구하였다. 그리고 각각의 도금층들의 솔더와의 젖음성을 평가하기 위하여 RMA type의 flux를 사용하여 240℃, 250℃, 260℃, 270℃에서 젖음시간과 젖음력을 측정하였다.

2.2 리플로우 공정

준비된 4종류의 BGA기판위에 RMA type의 플럭스를 도포 후, 솔더볼을 패턴위에 올린 후 Sn-3.5Ag solder의 melting point보다 약40℃ 높은 260℃에서 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 종류와 열시효에 따른 영향을 살펴보고자 하였다. 열처리 온도는 100, 120, 150, 170℃이며, 시간은 1, 3, 6, 9, 12, 15, 21, 30, 45, 60일간 실시하였다.

2.4 계면형상 및 미세조직 관찰

계면반응 및 금속간화합물 두께측정을 위하여 각 열처리 단계에서의 시편을 마운팅한 후 폴리싱, 에칭하였다. SEM으로 미세조직을 관찰하였으며 각 상의 분석은 EDS, XRD을 이용하였다. 또한, Image anal-ysis software를 사용하여 금속간화합물의 두께를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

SEM, XRD분석 결과 1wt%B 도금층은 결정층으로 관찰되었고 7wt%P, 10wt%P, 3wt%B 도금층은 비정질층으로 관찰되었다. 우선 P의 양이 다르더라도 무전해 Ni-P의 결정구조는 크게 바뀌지 않음을 관찰 할 수 있었다. 모든 Ni 도금층의 (111)면에 해당하는 45° 부근에서 넓은 영역의 peak이 관찰될 뿐 그외의 면지수는 전혀 관찰되지 않았다. 이는 무전해 Ni도금시, P나 B의 양에 관계없이 (111)방향의 우선배향성을 갖고 성장하는 것으로 사료된다. 이 결과는 Ni가 면심 입방 (FCC)결정구조를 갖기 때문에 가장 낮은 표면에너지를 갖는 (111)면으로 먼저 성장됨을 예상할 수 있게 한다. 하지만 1wt%B에서는 첨가물인 B의 함량이 미세하기 때문에 영향을 받지 않은채 결정화로 나타남을 확인할 수 있었다.

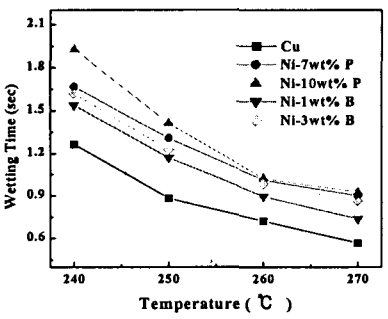
4-point probe법을 이용하여 전기전도도를 측정한 결과와 젖음성 시험 결과는 1wt%B, 3wt%B, 7wt%P, 10wt%P 순으로 결과가 양호하게 나타났다. 이는 Ni내에 함유된 첨가물의 상대적인 양이 적을경우 더욱 Ni의 확산 및 전기흐름을 방해하는 요소가 적기 때문으로 사료된다. 또한 젖음성 시험의 경우 온도가 증가하면 wetting time은 감소하고 wetting force는 증가 하는 것을 알 수 있었다.

Sn-3.5Ag솔더와 리플로우 시킨 각각의 시편들을 고상 시효 처리한후 계면의 미세조직을 관찰한 결과, 각각의 도금층은 열처리 시간이 증가할수록 계면에 생성된 금속간 화합물이 지속적으로 성장하고 있음을 관찰할 수 있었다. 시효시간에 따른 금속간 화합물은 모두 Ni_3Sn_4였으며 생성된 금속간화합물의 성장속도상수(k)값은 1wt%B, 3wt%B, 7wt%P, 10wt%P 순으로 크게 관찰되었다. 170℃에서의 k값은 1wt%B에서 254 (10^{-19} m^2/s), 3wt%B에서 42.44(10^{-19} m^2/s), 7wt%P에서 37.25($10^{-19}m^2/s$), 10wt%에서 19.32(10^{-19} m^2/s)임을 알 수 있었고, 170℃ 4주간 시효후의 IMC두께는 Ni-B가 Ni-P보다 약 두배 정도 더 크게 성장되었음을 관찰 할 수 있었다. 솔더내의 Sn원자와 반응하기 위한 기판측의 Ni원자들의 확산시 B나 P와 같은 첨가원소들의 상대적인 함유량이 많아짐에 따라 반응에 있어서 방해를 더 받기 때문에 IMC의 성장이 느려진다고 판단된다. 또한 Ni-P에서는 계면에서 솔더내의 Sn과 도금층내의 Ni의 빠른 확산반응으로 Ni-P도금층내에서 반응에 참여하지 않는 P가 침적하여 생성된 P-rich layer가 뚜렷하게

나타났으며, 이 P-rich layer는 EDS분석 결과 Ni_3P로 판명되었고 지속적인 솔더와의 반응으로 인해 성장되는 Ni_3Sn_4 층의 영향으로 P-rich layer또한 성장함을 관찰할 수 있었다. 이러한 현상은 7wt%P보다는 10wt%P시편에서 시간에 따른 Ni_3P의 성장과 original Ni-P도금층의 감소가 더 큼을 관찰 할 수 있었다. 이는 더 많은 P의 함량이 Sn과 반응하는 Ni의 양을 줄인 대신 비정질의 original Ni-P층이 P-rich layer로 결정화 하는데 더 유리하게 작용했기 때문이다. 반면에 Ni-B 시편에서는 솔더와 반응하여 형성된 Ni_3Sn_4만 관찰 되었다. Ni-B화합물에 대해서는 분석 기법이 더욱 정교하게 요구 되므로 본 실험에서는 언급 하지 않았다.

참고문헌

1. Ka Yau Lee, Ming Li, Dennis R. OLSEN and William T. Chen : Electronic Component and Technology conference(2001)
2. Hexing Li, Hui Li, Weilin Dai, Minghua Qiao : Applied Catalysis A : General 238 (2003) 119-130
3. S.K. Kang, W.K. Choi, D.Y. Shih, P. Lauro, D.W. Hend erson, T. Gosselin, D.N. Leonard : Electronic Component and Technology conference(2002) 146-153
4. C.B. Lee, S.B. Jeong, Y.E. Shin, C.C. Shur : Materials Transactions. Vol. No. 8 (2002) 1858-1863
5. M.O. Alam, Y.C Chan and K.C. Hung : Electronic Component and Technology conference(2002)
6. Young-Doo Jeon and Kyung-Wook Paik : Electronic Component and Technology conference(2001) 1650-1657
7. Hexing Li, Hui Li, Weilin Dai, Minghua Qiao : Applied Catalysis A : General 238 (2003) 119-130



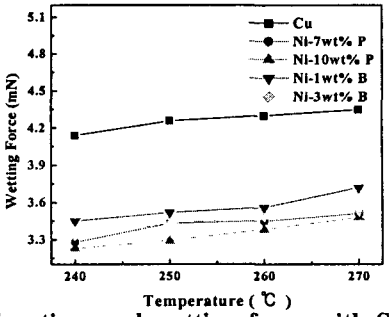


Fig.1 wetting time and wetting force with Sn-3.5Ag solder

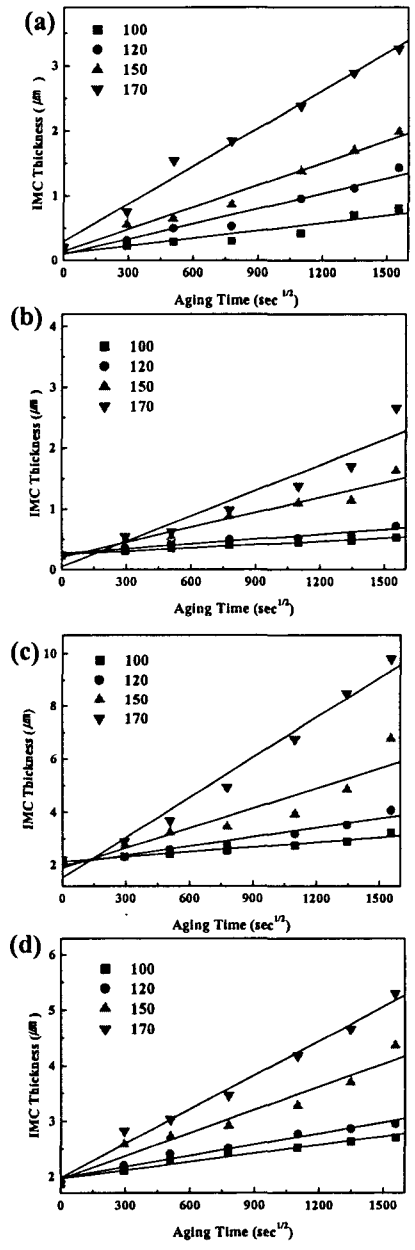


Fig.2 Ni_3Sn_4 intermetallic layer thickness as a function of square root of time (a) 7wt%P, (b) 10wt%P, (c) 1wt%B, (d) 3wt%B