

BGA 접합부의 계면반응에서 Sn-3.5Ag Solder와 다양한 무전해 도금층들간의 효과

Effects of various electroless plating layer on interfacial reaction in BGA joints with Sn-3.5Ag solder

박종현*, 김봉균*, 이창열**, 서창제*

* 성균관대학교 신소재공학과

** 한국 전자 부품 연구소

1. 서 론

전자부품기기의 경박단소화 및 다기능화가 급속히 진행됨에 따라 전자 패키지는 기본적으로 다핀, 미세피치화의 방향으로 나아가고 있다. 따라서 패키지 기술은 초기 삽입형 패키지인 DIP, PGA 형태에서 크기가 작고 전기적 성능이 우수한 표면 실장용 패키지인 QFP, SOP 형태로 바뀌었고 최근의 고밀도 실장기술은 QFP와 같은 주변실장에서 BGA, CSP와 같은 면적실장 형태로 발전하여 급속하게 미소, 경량화 추세로 나아가고 있다. BGA(Ball Grid Array)란 이차원적 평면에 격자형식으로 분포된 솔더볼을 통하여 PCB(Printed Circuit Board)등과 전기적/기계적으로 연결하는 것을 말하며 주변실장 형태보다 단위 패키지 면적당 많은 I/O수를 가질 수 있으므로 고성능 패키지에 적합하다. BGA의 장점으로는 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. 반면, 문제점으로는 솔더볼 연결부위에서의 응력의 발생에 따른 접합부의 신뢰성 문제, 접합부의 결함 검사 및 재작업(rework)이 어려운 단점이 있다. 최근 전자패키지 산업에서는 환경친화적 문제의 대두로 Pb가 함유되지 않는 무연솔더로의 전환이 이행되고 있다. 다양한 무연솔더들은 Sn을 기반으로 하여 전극으로 널리 사용되는 Cu와 반응시에 급속한 금속간화합물을 성장하므로 접합부

의 신뢰성 및 기계적 특성에 큰 문제점을 야기한다. 따라서 솔더링성을 향상시키고, 솔더 확산 방지 layer로서 균일한 금속간화합물을 형성하는 것으로 잘 알려져 있는 저비용의 무전해 Ni도금이 최근 micro-electronic 실장기술에서 많이 적용되고 있다. 무전해도금은 외부의 전원없이 도금욕의 pH, 온도, 환원제등의 변수에 의해 Ni이온이 석출되는 원리로 본 실험에서는 차아인산염에 의해 석출되는 Ni-P와, 수소화붕소염에 의해 비교적 Ni-P보다 낮은 온도에서 석출되는 Ni-B도금층에 Sn-3.5Ag 무연솔더를 reflow시킨후, 시간과 온도 변화를 달리한 aging 효과에 따른 계면에서의 반응 및 생성되는 금속간화합물의 성장거동, Ball Shear Strength Test를 통한 BGA 접합부에서의 신뢰성 평가등을 통해 무전해 도금층이 미치는 영향에 대하여 고찰해 보고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 BGA substrate 및 solder ball

본 실험에서 사용된 BGA기판은 피치 간격이 1.27mm이며, Pad는 직경 640 μ m이다. Cu층위에 P함량이 7wt%인 무전해 Ni-P도금과, B함량이 1wt% 미만인 무전해 Ni-B도금을 각각 약 88 $^{\circ}$ C와 약 58 $^{\circ}$ C에서 5-7 μ m 정도로 시행하였고, 이후 Ni층의 산화방지 및 젖음성 향상을 위하여 Au를 약 90 $^{\circ}$ C에서 대략 0.15 μ m의 두께로 도금하였다. 솔더볼은 Sn-3.5wt%Ag이며, 볼의 직경은 760 μ m이다.

2.2 리플로우 공정

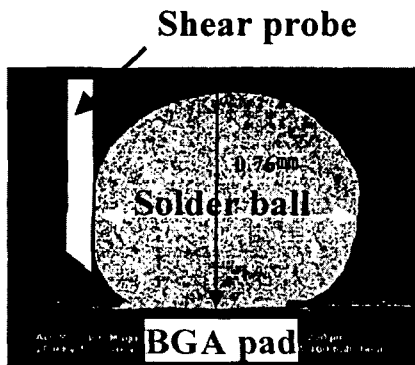
준비된 2종류의 BGA기판위에 RMA type의 플럭스를 도포 후, 솔더볼을 패턴위에 올린 후 Sn-3.5Ag solder의 melting point보다 약40℃ 높은 260℃에서 2분간 리플로우 하였다.

2.3 등은 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. 이후 계면반응 및 금속간화합물 두께측정을 위하여 각 열처리 단계에서의 시편을 마운팅한 후 폴리싱, 에칭하였다. SEM(Scanning Electron Microscope)으로 미세조직을 관찰하였으며 각 상의 분석은 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)로 분석하였다. 또한, Image analysis software를 사용하여 금속간화합물의 두께를 측정하였다.

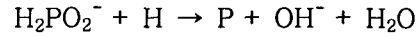
2.4 Ball Shear Test 및 파면 관찰

Ball Shear Test는 BGA는 실장에서 솔더접합부의 접합강도를 측정하기 위해 가장 널리 사용되는 방법이며, 본 실험에서는 각각의 기판위에 20개의 솔더볼을 테스트하였고, 그 평균값을 계산하였다. 시험조건은 하중 5000gf, 전단속도는 0.2mm/s로 고정하여 실험을 하였으며, 전단시험 후 파면의 관찰은 SEM, XRD를 이용하여 관찰하였다.

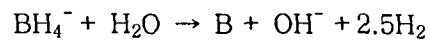


3. 실험 결과 및 고찰

무전해 Ni-P도금층은 차아인산염(H₂PO₂⁻)이 환원제로서 Ni원자를 석출시킨 후, 다음 반응식에 의해서 P가 증착되어 Ni-P층은 비정질 층으로 형성하였다.



그리고, 무전해 Ni-B도금층은 수소화붕소화합물(BH₄⁻)이 환원제로서 Ni원자를 석출시킨 후, 다음 반응식에 의해서 B가 증착되어 Ni-B 도금층을 형성하였다.



XRD분석 결과 Ni-B도금층은 결정층으로 나타났다. 시효시간에 따른 금속간 화합물은 두 조건 모두 대표적으로 Ni₃Sn₄였고, 두께는 시간의 증가와 온도의 증가에 따라 계속적으로 커졌다. 금속간 화합물의 성장시 P의 영향으로 Ni원자를 솔더쪽으로 확산시키는데 방해받을 Ni-P쪽에서 생성된 금속간화합물의 k(IMC growth rate constant)가 Ni-B보다 더 작았으며, 170℃ 4주간 시효후의 Ni₃Sn₄ IMC두께는 Ni-B가 Ni-P보다 약 두배정도의 크기의 더 빠른 성장을 보여주고 있다.

Arrhenius 방정식에 의해 성장속도 상수 k와 1/T을 이용하여 얻은 Q(activation energy)값은 Ni-P와 Ni-B에서 각각 57.15KJ/mol, 72.49KJ/mol이었다. 또한 시편의 cross-section을 SEM을 이용하여 분석한 결과 Ni-P에서는 계면에서 솔더내의 Sn과 도금층내의 Ni의 빠른 확산반응으로 Ni-P도금층내에서 반응에 참여하지 않는 P가 침적하여 생성된 P-rich layer가 뚜렷하게 나타났다. 이 P-rich layer는 EDS분석 결과 Ni₃P로 판명되었다. 지속적인 솔더와의 반응으로 인해 성장되는 Ni₃Sn₄ IMC층의 영향으로 P-rich layer또한 성장함을 관찰할 수 있었다. 하지만 Ni-B에서는 Ni₃Sn₄ IMC와 Ni-B도금층 사이에 뚜렷한 상이 육안으로 관찰되지 않았으며, 이는 B함량이 매우 적었기 때문으로 사료된다. 하지만 solder부를 에칭한 Top-view를 XRD분석 결과 Ni-B에서도 Ni₃B의 화합물이 드러났다.

60일까지의 시효 후, Ball Shear test 결과 두 도금조건 모두 초기 리플로우 직후 전단 강도값에 비하여 시간이 증가할수록 또한, 시효 온도가 클

수록 강도값은 지속적으로 저하함을 알 수 있었다. 전단 테스트 이후 솔더볼이 잘려진 파면을 SEM에 의한 분석에 의하면 대체적으로 실험 전 조건에서 솔더부에서 파단이 일어난 연성파괴 모드를 알 수 있었고, 이는 시효시간이 증가함에 따른 솔더 조직의 조대화에 따른 영향으로 사료된다. 다만, Ni-B 170℃, 45일 이후의 강도값은 갑자기 급격히 낮아졌음을 알 수 있는데, SEM과 EDS를 이용한 파면 관찰 결과 솔더부에서 파단이 일어난 연성파괴 모드와 Ni도금층과 Ni₃Sn₄ IMC사이에서 급격히 파괴된 취성파괴모드가 혼합되어 있음을 알 수 있었다. 이는 Ni₃Sn₄ IMC와 Ni-B도금층의 열팽창 계수차이에 의해 파단이 급격히 진행되었기 때문으로 사료된다.

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. Henderson, 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