

Sn-Ag-Bi-In 플립칩 솔더 범프의 계면반응 및 접합강도

Interfacial reaction and shear strength of Sn-Ag-Bi-In Flip-chip solder bumps

하 상수, 김 대곤, 신 영의*, 정 승부

성균관대학교 신소재공학부
* 중앙대학교 기계공학부

1. 서 론

최근 대두되고 있는 환경오염문제로 인해 전자 산업에서는 전 세계적으로 Pb를 함유한 솔더에 관한 규제가 진행 되고 있다. 이에 대응하여 무연 솔더에 관한 연구가 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있고, 현재까지의 연구를 통해 Sn-Cu계 및 Sn-Ag-Cu계 솔더가 가장 널리 추천되고 있다.

이러한 무연 솔더들은 기존의 Sn-Pb 솔더와 유사한 젖음성, 신뢰성, 연성 및 강도를 가지고 있지만, Sn-Pb 솔더 보다 높은 용점을 가지고 있다는 단점이 있다. 이는 높은 온도에서 솔더링 공정이 이루어짐으로써 패키지 내에 열적 손상과 같은 여러 가지 문제점이 일어날 수 있는 원인을 제공할 수 있다. 또한 공정 온도가 상승함에 따라 공정 장비의 교체 및 전력량의 증가와 같은 부가적으로 따라오는 비용적인 문제 또한 고려해야 한다. 이러한 고융점 솔더의 문제점을 극복하기 위한 대안으로 Sn-Ag-Bi-In계 솔더가 제안되고 있다. Sn-Ag-Bi-In계 솔더는 Sn-Cu와 Sn-Ag계 솔더에 비해 상대적으로 낮은 용점(185~215°C)을 가지고 있다.

지금까지의 많은 연구에서 Sn-Ag-Bi-In 솔더에 대해 어느 정도 연구가 이루어져 왔으나, 계면반응 역학 및 Au/Ni/Cu 기판에서의 솔더 볼의 전단 테스트에 대한 결과들은 충분하지 않다. 그러므로 본 연구에서 Sn-3.0Ag-0.8Bi-5In 솔더와 Au/Ni/Cu 기판사이의 등온시효에 따라 생성되는 금속간화합물의 성장에 초점을 맞추었

다. 그리고 솔더 접합부의 전단 강도 값은 등온시효를 통한 온도와 시간에 대한 함수로써 측정하였고, 전단 강도 값과 솔더 접합부의 미세조직간의 상호 연관성에 대해 연구하였다.

2. 실험 방법

2.1 패턴 및 Interconnect

본 실험에서는 P-type의 실리콘 웨이퍼(Si wafer, 4inch)를 기판으로 사용하였다. 기판을 세척한 후 증류수(D.I. water)를 사용하여 잔류 유기용제를 제거한 후 질소가스를 이용하여 수분을 제거하였다.

이와 같이 준비된 실리콘 웨이퍼 전면에 Ti와 Cu를 PVD(Physical Vapor Deposition)법을 이용하여 각각 0.2 μ m와 0.8 μ m의 두께로 증착하였고, 패턴 형성을 위해 PR(photoresist) 코팅, 노광, 식각 공정을 통해 정사각형 패턴을 형성하였다.

2.2 무전해 Ni-P 도금

무전해 Ni-P 도금액은 차아인산나트륨(NaH₂PO₂, H₂O)을 환원제로 사용하는 Ni도금액을 사용하였다. 본 실험에서는 도금 변수인 PH와 온도를 각각 4.3과 88°C로 고정하여 25분간 도금하였으며, 도금 층의 산화방지 및 adhesion을 향상시키기 위해 Immersion Au방법으로 88°C에서 30분간 도금하여 Au층을 형성하였다.

2.3 시효처리 및 미세조직 관찰

열처리는 80, 100, 120, 150°C에서 1~100

일 동안 실시하였다. 시효 장비는 $\pm 1^\circ\text{C}$ 의 오차 범위를 가지는 항온 항습으로써 실시하였다. 열처리가 완료된 시편은 주사전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscopy)으로 조직을 관찰하였고, EDS(Energy Dispersive Spectrometer)로 화학적인 조성분석을 하였다. 금속간화합물의 두께는 image analysis software를 사용하여 측정하였다.

2.4 전단강도 측정

본 실험에서는 열처리 온도와 시간에 따른 Sn-3.0Ag-0.8Bi-5In 플립칩 솔더 범프의 접합 강도를 알아보기 위하여 열처리 온도와 시간을 달리한 시편의 전단시험을 실시하였다.

이때 전단높이 및 속도는 $20\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}/\text{sec}$ 로 고정하고 각각의 조건에서 20회의 전단 테스트를 실시하였고, 전단 테스트 후 SEM을 이용하여 전단파면 및 계면을 관찰, 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Microstructure

그림1은 120°C 에서 서로 다른 시간으로 열처리한 시편을 나타낸 것이다. 리플로우 과정 중에 Au층은 모두 솔더 내로 용해되었고, 계면에는 UBM(Under Bump Metallurgy)의 Ni과 솔더 내의 Sn, In과 반응하여 Ni_3Sn_4 이원계 금속간화합물과 $(\text{Ni},\text{In})_3\text{Sn}_4$ 의 삼원계 금속간화합물이 생성되는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 솔더 내에는 계면으로부터 떨어져 나온 Ni_3Sn_4 와 솔더 내의 Ag와 In이 반응하여 Ag_2In 이 존재하는 것도 확인 할 수 있었다.

계면에 생성된 $(\text{Ni},\text{In})_3\text{Sn}_4$ 삼원계 금속간화합물은 열처리 온도와 시간이 증가함에 따라 그 두께도 증가하는 것을 확인 할 수 있었고, 솔더 내에 Ag_2In 도 크기가 조대화 되는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 열처리 시간이 증가함에 따라 UBM의 Ni과 Sn의 반응으로 Ni이 소모됨으로써 $(\text{Ni},\text{In})_3\text{Sn}_4$ 층과 Ni UBM층 사이에 Ni_3P 층이 생성된 것을 확인할 수 있었다. 그리고 Ni_3P 층의 곳곳에 void가 생성된 것도 확인 할 수 있었다.

그림2는 열처리 시간과 온도의 증가에 따른 계면에 생성된 금속간 화합물의 변화를 나타낸 것이다. 그래프를 보면 알 수 있듯이 초기 금속간 화합물의 두께는 $1.7\sim 2\mu\text{m}$ 정도 되는 것을 확인

할 수 있었고, 열처리 시간과 온도가 증가함에 따라 금속간 화합물의 두께 또한 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

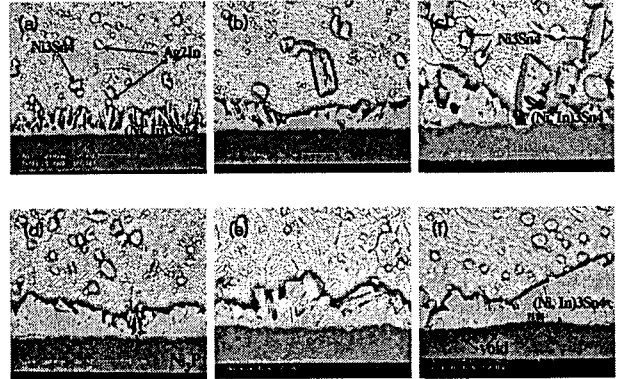


Fig.1 SEM micrographs of a Sn-3.0Ag-0.8Bi-2In / Au / Ni/Cu interface at 120°C with various aging times; (a) as-reflowed, (b) 3day, (c) 6days, (d) 15days, (e) 30days, (f) 60days.

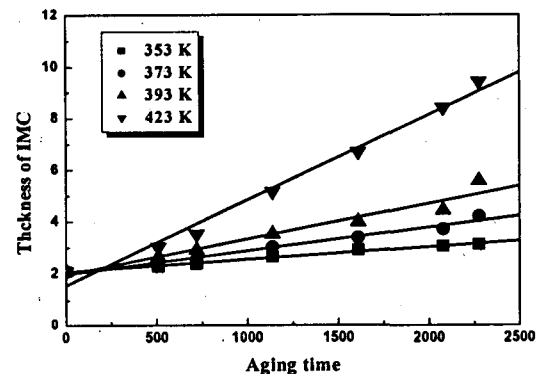


Fig.2 Thickness of reaction layer with isothermal aging.

3.2 Shear Strength

그림3은 열처리 온도와 시간에 따른 전단 강도의 변화를 나타낸 것이다. 초기 리플로우시 전단 강도 값은 150gf 정도였다. 그림3에 나타난 것과 같이 열처리 시간이 길어지거나 온도가 높을수록 전단 강도 값이 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

초기 리플로우 후에는 솔더 쪽에서 파괴가 일어난 연성파괴를 보였고, 열처리 온도와 시간이 증가 할수록 솔더와 금속간화합물의 계면에서 취성 파괴가 주로 일어남을 확인 할 수 있었다. 그리고 $80, 100, 120^\circ\text{C}$ 에서는 대체적으로 거의 일정한 전단 강도 값을 보였지만 150°C 에서는 전단 강도 값이 급격하게 감소하는 것을 확인 할 수

있었다. 이는 취성파괴가 솔더와 금속간화합물의 계면뿐만 아니라 금속간 화합물과 Ni기판 사이에서 또한 일부 파괴가 일어남으로써 전단강도 값에 영향을 준 것으로 사료된다.

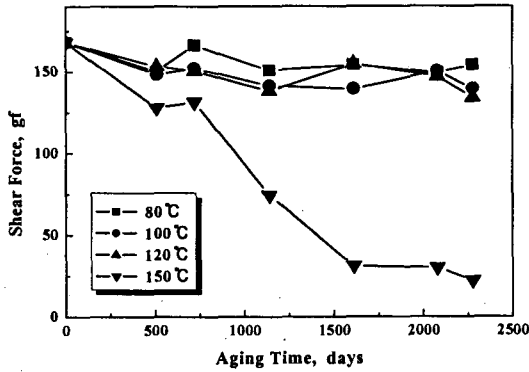


Fig. 3 Variations of the ball shear strength with aging time and temperature.

4. 결 론

Sn-3.0Ag-0.8Bi-5In 솔더와 Au/Ni/Cu 기판 사이에서의 등온 시효를 통한 실험을 수행함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 리플로우 동안 Au층은 모두 솔더 내로 용해되었고 계면에는 Ni₃Sn₄ 이원계 화합물과 (Ni,In)₃Sn₄의 삼원계 화합물이 생성되었고, 솔더 내에는 Ag와 In이 반응하여 Ag₂In이 생성된 것을 확인 할 수 있었다.

2) 계면에 생성된 금속간화합물 Ni₃Sn₄는 열처리 시간과 온도가 증가함에 따라 계면으로부터 떨어져 나가는 것도 확인 되었고, UBM의 Ni과 솔더의 Sn의 반응으로 (Ni,In)₃Sn₄층과 Ni UBM층 사이에 Ni₃P층이 생성된 것을 확인할 수 있었다.

3) 전단강도 값은 열처리 시간이 증가함에 따라 계면의 금속간화합물의 성장에도 불구하고 80, 100 120°C에서는 대체적으로 거의 일정한 전단 강도 값을 보였지만 150°C에서는 전단강도 값이 급격하게 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 취성파괴가 솔더와 금속간화합물의 계면뿐만 아니라 금속간 화합물과 Ni기판 사이에서 또한 일부 파괴가 일어남으로써 전단강도 값에 영향을 준 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업 (RTI04-03-04)도움으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. C.B. Lee, S.B. Jung, Y.E. Shin and C.C. Shur : Materials Transactions 42 (2001) 715-755
2. J.W. Yoon, C.B. Lee and S.B. Jung : Materials Transactions 43 (2002) 1812-1826
3. C.B. Lee, J.W. Yoon, S.J. Suh, C.W. Yang, C.C. Shur, Y.E. Shin and S.B. Jung : J. Mater. Sci. Mater. Electron. 14 (2003) 487-493
4. J.W. Yoon, C.B. Lee, and S.B. Jung : JEM 32 (2003)(In press)
5. J.W. Yoon, C.Y. Lee, C.B. Lee, C.S. Yoo and S.B. Jung : Z. Metallkd 94 (2003) 453-457