

Eutectic Au-20Sn solder 와 Cu/ENIG 기판과의 계면반응

Interfacial Reactions Between Au-20Sn Solder and Cu Substrate with or without ENIG plating layer

전현석, 윤정원, 정승부
성균관대학교 신소재공학과

ABSTRACT

Eutectic Au-20Sn solder has been widely used for optoelectronic packages because of fluxless soldering process and thus are particularly valuable for many applications such as biomedical, photonic, and MEMS devices that can not use any flux. Also when good joint strength, superior resistance to corrosion, whisker-free, and good thermal conductivity are demanded, eutectic Au-20Sn solder can be satisfied with above-mentions best. In this study, we tried to know the interfacial reactions between Au-20Sn solder and Cu substrate with or without ENIG plating layer. In the results, Au-Cu-Sn ternary phases were formed at the Au-20Sn/Cu substrate, and Au-Ni-Sn, Au-Ni-Cu-Sn phases were formed at the Au-20Sn/ENIG substrate.

1. 서 론

Au-20Sn 공정솔더는 opto-electronic chip packaging 에 주로 사용되며 Pb 성분이 없는 lead-free solder 로써 Au bump 와 pad 에 flux 를 사용하지 않고 접합시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. Opto-electronic package 에서 flux 사용은 packaging 후 flux 잔재로 인하여 광 부품의 optical performance 에 피해를 줄 수 있으며 부식을 유발하기도 한다. 그러한 이유로 Au-20Sn 솔더는 flux 를 사용할 수 없는 biomedical, MEMS, 그리고 sensor device 분야에 적용 가능한 fluxless 솔더로 폭넓게 사용되고 있다.

솔더는 packaging 시, melting temperature 에 따라 soft solder 와 hard solder 로 분류된다. 현재 무연솔더로 electronic device 실장 시 주로 사용되고 있는 Sn-Ag, Sn-Ag-Cu, 그리고 Sn-Cu 와 같은 solder 는 Sn 의 양이 다른 원소에 비하여 상대적으로 많고 melting temperature 가 대략 210 - 230℃로써 soft solder 로 분류되며, Au-20Sn(280℃), Au-3.15Si(363℃), 그리고 Au-12Ge(356℃)와

같이 Au 의 양이 다른 원소에 비하여 상대적으로 많고 melting temperature 가 비교적 높은 solder 를 일반적으로 hard solder 로 분류하고 있다. Hard solder 는 일반적으로 soft solder 와 비교 하였을 때 더 높은 melting point 와 더 높은 yield strength 를 가지며, 동시에 더 큰 creep 저항 특성을 보여준다. hard solder 의 결점은 상대적으로 다소 높은 melting point 이다. 따라서 일반적으로 hard solder 중 가장 melting point 가 낮은 Au-20Sn 솔더가 GaAs 와 같이 열에 민감하고 훌륭한 creep 저항 특성을 필요로 하는 device 의 접합에 많이 사용된다. 게다가, Au-20Sn(57W/m℃) 솔더의 높은 열전도 특성은 좋은 열분산 특성을 요하는 higher power device 에 유리하다.

Fig.1 과 같이 Au-Sn binary system 은 Sn-Ag 나 Sn-Cu 와 같은 다른 이원계 솔더와 비교하였을 때 상대적으로 equilibrium phase diagram 이 복잡하다. phase diagram 을 확인해 보면 Au-20Sn 과 Au-90Sn 두 개의 공정조성이 존재하는데, 일반적으로 Au-90Sn 솔더의 brittle 한 특성으로 인하여 기계적인 특성이 우수한 Au-20Sn 솔더를 많이 사용한다.

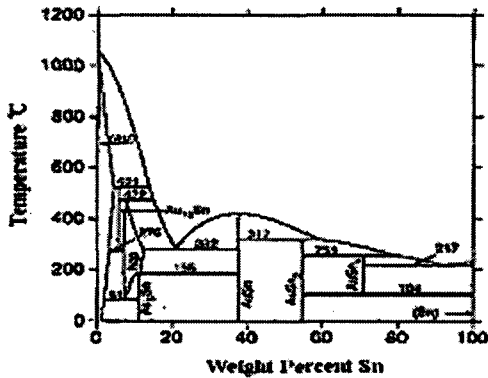


Fig.1 Au-Sn binary phase diagram

본 고에서는 Au-20Sn 솔더와 Cu, Electroless Nickel Immersion Gold(ENIG)와의 reflow time 에 따른 계면반응에 관하여 연구하였다.

2. 실험방법

리플로 및 미세조직 관찰

본 실험에서는 미리 준비된 Au-20Sn foil 을 ENIG 처리된 Cu coupon 과 bare Cu coupon 위에 각각 올려놓고, 리플로 시간에 변화를 주면서 접합을 하였다. ENIG 는 Cu 위에 확산방지 역할을 해주는 Nickel 을 무전해로 도금하고 그 위에 산화방지 및 젖음성 개선을 위하여 Gold 를 무전해 도금하는 표면처리 방법이다. 본 실험에서는 IR 4zone 리플로 장치의 온도를 200℃, 230℃, 270℃, 308℃로 고정시켜 질소가스 분위기 하에서 리플로를 실시하였으며 리플로 지연시간은 308℃로 유지되는 zone4 에서 5분, 15분, 30분, 60분으로 하였다.

리플로 후에 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 계면 이미지를 관찰 하였고, EDX 로 계면에서 형성된 금속간 화합물의 조성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

계면 미세조직

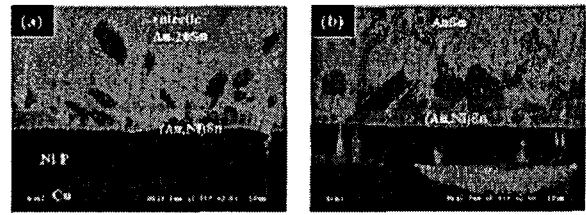


Fig.2 SEM micrographs of the interfacial reactions between the Au-20Sn solder/ENIG for different reflow times : (a) 15min, (b) 30min

Fig.2는 15분, 30분 동안 Au-20Sn 솔더/ENIG 기판을 리플로 하였을 경우의 SEM 이미지이다. 기판의 Gold 층은 리플로와 동시에 솔더부로 용해되어 더 이상 층을 형성하고 있지 않으며, Au-20Sn 솔더는 확산방지층의 역할을 하는 Ni-P 층과 반응하여 계면에서 rod-type 의 (Au,Ni)Sn 삼원계 금속간화합물을 형성하였다. 리플로 시간을 연장하면 Fig.2(b)와 같이 초기 계면에서 형성된 (Au,Ni)Sn 금속간 화합물의 크기는 조대화 되고 솔더를 구성하고 있는 공정 조직 중 하나인 AuSn 상 역시 열적인 영향으로 인하여 조대화 됨을 확인 가능하다.

리플로 지연 시간을 연장할수록 Cu 위에 무전해 도금되었던 비정질의 Ni-P 층은 Ni₃P 층으로 결정화 되고, 결정화되는 동시에 심한 void 생성을 수반하게 된다. 이때 생성된 Void 들은 기판측으로의 솔더의 확산경로 역할을 하며 Fig.2(b)와 같이 부분적으로 기판의 Cu 층이 소모되고, 솔더가 침투된 형태를 관찰할 수 있다.

Fig.3 은 60 분 동안 리플로 하였을 경우의 Au-20Sn 솔더/ENIG 계면에서의 SEM 이미지이다. 60 분 동안의 Au-20Sn 솔더 액상반응으로 인하여 계면에서 초기에 형성된 Au-Ni-Sn 삼원계 금속간 화합물이 더욱 조대화 된 것을 확인 가능하며, 30 분 동안 리플로 하였을 경우 부분적으로 계면 아래에서 형성되었던 솔더 확산층 영역이 증가한 것을 확인할 수 있다. 또한 결정화 된 Ni₃P 층의 void 사이에서는 확산된 기판의 Cu 원자와 반응하여 Ni-Au-Cu-Sn 의 사원계 금속간 화합물이 형성되는 것을 EDX 분석을 통하여 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업 (RTI04-03-04)지원으로 수행 되었음

참고문헌

1. J.Y. TSAI, C.W. CHANG, Y.C. SHIEN, Y.C. Hu, and C.R. KAO : Controlling the Microstructure from the Gold-Tin Reaction, Journal of Electronic Materials vol.34, No2, 2005
2. Sung Soo Kim, Jong Hoon Kim, Seong Woon Booh, Tae Gyu Kim and Hyuck Mo Lee : Microstructural Evolution of Joint Interface between Eutectic 80Au-20Sn Solder and UBM, Materials Transaction, vol.46, No.11, 2005, 2400-2405
3. Dong Wook Kim, Chin C. Lee: Fluxless flip-chip Sn-Au solder interconnection on thin Si wafers and Cu laminated polyimide films, Material Science and Engineering A xxx, 2005, xxx
4. W. Sun, D.G. Ivey: Development of an electroplating solution for codepositing Au-Sn alloys, Material Science and Engineering B. vol.65, 1999, 111-122
5. J.W. Yoon, H.S. Chun, J.M. Koo and S.B. Jung: Au-Sn Flip-chip Solder Bump for microelectronic and optoelectronic applications, Microsystem Technologies, (submitted)

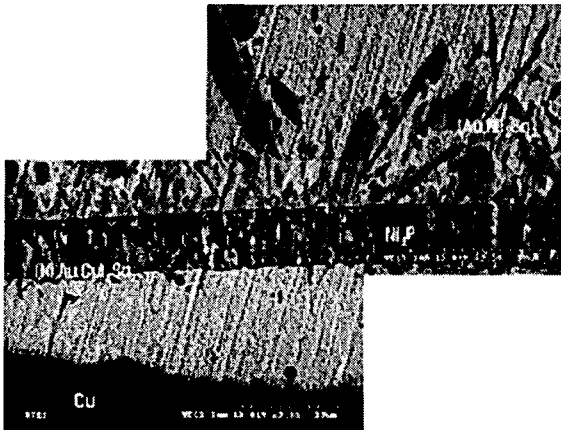


Fig.3 SEM micrographs of the interfacial reactions between the Au-20Sn solder/ENIG reflowed at 308℃ for 60min.

Au-20Sn 솔더는 ENIG 처리되지 않은 Cu 기판과 반응하였을 경우에는 계면에서 Au-Cu-Sn 의 삼원계 금속간 화합물이 형성됨을 확인할 수 있었다. 더욱 세부적인 실험결과가 학회에서 발표될 것이다.

4. 결 론

Au-20Sn 솔더와 ENIG 처리된 Cu 기판과의 리플로 반응에 의한 계면반응을 관찰함에 따라 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 초기 리플로 후에 계면에서 Au-Ni-Sn. 의 삼원계 금속간 화합물이 불규칙적으로 형성되었다.
- 2) 리플로 시간이 경과할수록 AuSn 과 Au_5Sn 으로 구성된 초기의 Au-20Sn 공정 조직의 크기는 점점 조대화 되었다.
- 3) 60 분 동안 리플로 하였을 경우 결정화된 Ni_3P 층 사이의 void 를 통하여 솔더는 아래쪽으로 계속 확산되고 새로운 층이 형성되었다.
- 4) Ni-P 층 아래로 확산된 상들은 기판의 Cu 원자와 반응하여 Au-Ni-Cu-Sn 의 사원계 금속간 화합물을 부분적으로 형성되었다.
- 5) ENIG 처리되지 않은 Cu 기판의 경우 계면에서 Au-Cu-Sn 삼원계 금속간 화합물이 형성되었다.