

고온 솔더(Sn-4.0 Ag-0.5 Cu)와 저온 솔더(In-48 Sn)를 이용한 저온 접합 공정에 관한 연구

(Joining of lead-free solder(Sn-4.0 Ag-0.5 Cu) balls with In-48 Sn for low temperature bonding)

안경수*, 강운병, 김영호
한양대학교 재료공학과

Abstract

본 연구에서는 고온 솔더 범프와 저온 솔더 패드를 이용하여 140°C에서 1분간의 리플로 공정을 통해 접합에 성공하였다. 고온 솔더 범프로 Sn-4.0Ag-0.5Cu 솔더 볼을 사용하였고, 저온 솔더는 In-48Sn (mp: 117°C) 솔더를 기판에 evaporation 방법으로 두께 20 μm의 패드 형태로 증착하였다. 140°C에서 1분간의 리플로 공정을 통해 칩과 기판을 접합하였으며, 접합 단면을 관찰해 본 결과 저온 솔더가 녹아 고온 솔더에 wetting된 것을 관찰하였다. 이 시편을 상온에서 시효처리를 실시한 결과 시간의 경과에 따라 저온 솔더와 고온 솔더가 상호 확산하여 약 40 μm였던 확산층의 범위가 점차 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한, 리플로 공정변수에 따른 솔더의 미세구조 변화 및 ball shear strength 등의 기계적 특성에 대해 고찰하였다.

1. Introduction

휴대용 전자기기의 발달로 전자부품의 경박단소화 및 고기능화가 요구되면서 칩 접속 방법으로 area array 방식의 접합 기술의 필요성이 점차 커지고 있다. 이러한 high-Pb/Sn 솔더를 사용하고, 저온 솔더로써 eutectic Pb-Sn 솔더를 혼용한 방법은 리플로 공정시 저온 솔더인 eutectic Pb-Sn 솔더만 녹아 고온 솔더인 high-Pb/Sn 솔더에 wetting 되어진다. 그러나 200°C 이상의 공정온도는 액정 표시장치나 이미지 센서와 같은 전자기기에서 폴리머 재료의 성능 저하를 유발할 수 있기 때문에 160°C 이하에서의 플립 칩 공정 기술이 필요하다^{1, 3)}. 따라서 본 연구에서는 고온 솔더인 Sn-4.0Ag-0.5Cu ball을 칩에 형성하고, 저온 솔더인 eutectic In-Sn 패드를 기판에 형성하여 접합을 실시하였다. 이 방법은 eutectic In-Sn의 융점이 117°C이므로 160°C이하에서의 공정이 가능하기 때문에 고온 솔더의 두 번의 리플로 공정에 의한 과도한 IMC의 형성을 억제할 수 있을 뿐 아니라 열에 의한 솔더와 칩의 정렬오차에 의해 야기되는 피로 및 파괴현상을 예방할 수 있다⁴⁾. 금속간 화합물의 상 분석을 위하여 SEM, EDS 분석을 실시하였고, 솔더 접합부의 기계적 특성을 평가하기 위하여 접합 온도, 접합 하중 및 접합시간을 변화시켜 접합을 실시하였다. 또한, 시효 처리를 하여 금속간 화합물의 변화를 분석하였다.

2. Experimental

먼저 고온 솔더로 Sn-4.0Ag-0.5Cu 솔더 볼을 사용하고, 저온 솔더로 In-48Sn을 혼용한 방법의 접합 가능성을 알아보기 위해 저온 솔더로 사용된 In-48Sn을 Si 웨이퍼 위에 패드 형태로 증착하여 접합을 실시하였다. Si 웨이퍼는 초음파 세척기에서 TCE, 아세톤 메탄올에 각각 5분 이상 담근 후 각 단계에서 DI water로 세척하였다. UBM으로 사용된 Cu(2 μm)/Ti(50 nm) 박막은 직류 마그네트론 스퍼터링 방법으로 증착하였다. 이와 같이 형성된 UBM위에 In과 Sn을 저항 가열식 증발 증착기를 이용하여 증착하였고, In과 Sn을 각각 3회씩 증착하여 약 20 μm의 두께를 갖는 In-Sn 솔더 패드를 형성하

었다. 고온 솔더로 사용된 Sn-4.0Ag-0.5Cu ball은 UBM으로 Au/Ni/Cu가 사용된 PCB위에 attach 후 리플로 되었다. 리플로 공정은 convection oven에서 260℃의 온도로 90초간 실시하였다. 접합 공정은 digital hot plate에서 140℃, 100 g의 하중으로 10분간 실시하였으며, 플럭스는 α -metals의 수용성 플럭스 WS609를 사용하였다. 또한, 접합 가능성 여부의 확인 후 미세구조 및 기계적 특성을 확인하기 위해 저온 솔더인 In-Sn 솔더 역시 PCB위에 mask를 씌운 후 증착하여 접합을 실시하였다. 접합 공정은 온도 140, 150℃와 하중 0, 50, 100 g의 하중에서 1, 2, 5분간 실시하였고, Ball Bonder Tester (Dage Series 4000) 장비를 사용하여 ball shear test를 실시하였다. Ball shear test후 파단면과 미세구조 관찰은 주사전자 현미경(SEM; scanning electron microscopy)을 이용하였으며 원자번호의 차이에 따라 명암이 구분되는 backscattered electron image를 주로 이용하였다.

3. Results and Discussion

Fig. 1은는 저온 솔더로 사용된 In-Sn 솔더 패드위에 고온 솔더로 사용된 Sn-4.0Ag-0.5Cu 볼이 접합된 단면을 광학 현미경으로 관찰한 사진이다. 접합 공정은 140℃, 100 g의 하중에서 10분간 실시하였고, 공정을 실시하는 동안 저온 솔더가 녹아 고온 솔더에 약 100 μm 의 높이로 wetting된 것을 보여준다. 또한, 저온 솔더가 고온 솔더 내부로 확산된 층이 약 40 μm 의 높이로 형성된 것을 관찰할 수 있었다. Fig. 2는 Fig. 1의 시편을 상온에서 약 1800 시간동안 aging후에 광학 현미경으로 관찰한 사진이다. 그림에서 볼 수 있듯이 저온 솔더인 In-Sn이 고온 솔더 내부로 점차 확산된 것을 볼 수 있다.

Fig. 3은 150℃의 온도에서 2분과 5분 동안 접합한 후 접합 단면을 주사전자현미경의 backscattered electron image로 관찰한 사진이다. EDS로 금속간 화합물의 조성을 확인해 본 결과 double layer 형상의 금속간 화합물은 $\text{Au}(\text{In},\text{Ni})_2/\text{Au}(\text{In},\text{Ni})$ 였으며, double layer 위쪽으로 형성된 다각형 모양의 금속간 화합물은 AuIn_2 로 확인되었다⁵⁾. 접합 시간이 증가함에 따라 double layer와 붙어 있던 AuIn_2 는 점차 솔더 위쪽으로 부유하는 것을 관찰할 수 있었다.

Table 1과 Table 2는 공정 변수에 따른 shear strength를 나타내었다. 접합 시간, 접합 하중과 접합 시간이 증가할수록 shear strength 값이 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

4. Conclusion

고온 솔더로 Sn-4.0Ag-0.5Cu를 사용하고, 저온 솔더로 In-48Sn을 사용하여 140℃에서 성공적으로 접합할 수 있었다. 접합한 후 상온에서의 시효처리 결과 고온 솔더와 저온 솔더가 상호 확산하여 저온솔더의 조성이 변화함으로써 용점이 상승되리라 생각되며, 이러한 서로 다른 용점을 가지는 솔더를 이용한 방법은 시온 공정을 필요로하는 package 분야에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

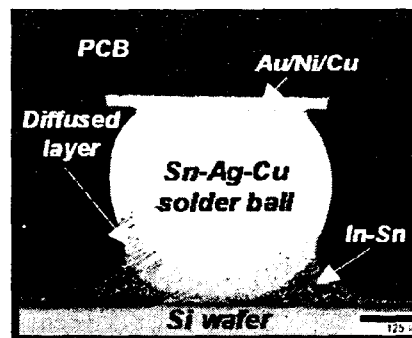


Fig. 1. Optical microscope image of sample bonded at 140℃ for 10 min.

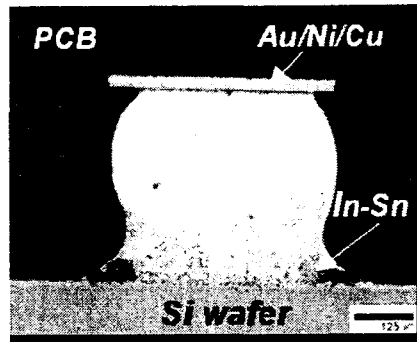


Fig. 2. Cross section image of the solder joint polished after age at room temperature for 76 days.

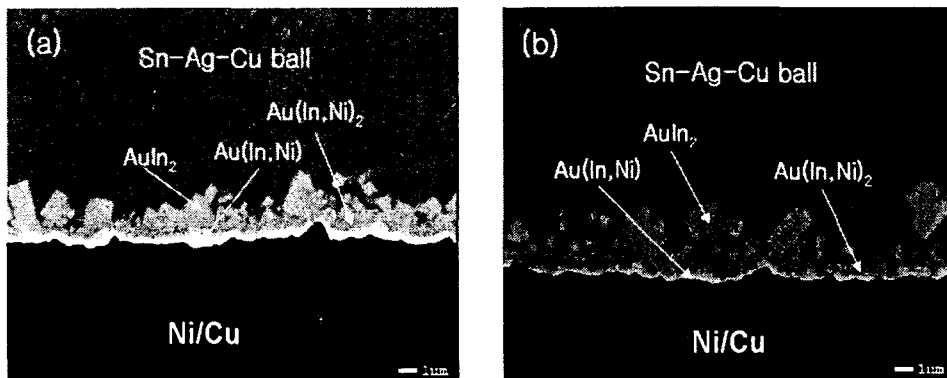


Fig. 3. Backscattered electron images showing the interface between Sn-Ag-Cu solder and In-Sn solder pad after bonding with following bonding times under 0 g_f : (a) 150°C for 2 min, (b) 150°C for 5 min.

Table 1. The shear strengths of solder joints bonded at 140°C (g_f /ball).

접합 시간 / 접합 하중	1 min	2 min	5 min
0 g_f	97	100	121
50 g_f	107	117	149
100 g_f	137	140	161

Table 2. The shear strengths of solder joints bonded at 150°C (g_f /ball).

접합 시간 / 접합 하중	1 min	2 min	5 min
0 g_f	103	100	139
50 g_f	131	141	155
100 g_f	128	143	183

Acknowledgements

이 연구(논문)는 과학기술부의 21세기 프론티어연구개발사업인 차세대정보디스플레이기술개발사업단의 연구비(M1-02-KR-01-0001-02-K18-01-013-0-0)지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Helge Kristiansen and Johan Liu, "Overview of Conductive Adhesive Interconnection Technologies for LCD's", IEEE Trans-CPMT-A 21(2), 208-214, (1998).
- [2] T. Joshe, "Chip on glass-interconnect for row/column driver packaging", Microelectr. J. 29, 343-349, (1998).
- [3] Mori M., Saito M., Hongu A., Niitsuma A., and Ohdaira H., "A new face down bonding technique using a low melting point metal", Proc. 6th IEEE CHMT, 112-116, (1989).
- [4] Chin C. Lee and Selah Choe, "Fluxless In-Sn bonding process at 140°C", Materials Science & Engineering, A333, 45-50, (2002).
- [5] T.H. Chuang, S.Y. Chang, L.C. Tsao, W.P. Weng and H.M. Wu, "Intermetallic Compounds Formed during the Reflow of In-49Sn Solder Ball-Grid Array Packages", Journal of Electronic Materials, 32(3), (2003).