

Sn-Ag 범프의 조성과 표면 형상에 영향을 미치는 도금 인자들에 관한 연구 (Effects of electroplating parameters on the compositions and morphologies of Sn-Ag bumps)

김종연, 유진, 배진수*, 이재호*
한국과학기술원 재료공학과
* 홍익대학교 신소재공학과

Abstract

With the variation of Ag concentration in bath, current density, additive and agitation for electroplating of Sn-Ag solder, the compositions and the morphologies of solder were studied. It was possible to control Ag content in Sn-Ag solder by varying Ag concentration in bath and current density. The microstructure size of Sn-Ag solder decreased with increasing current density. Duty cycle of pulse electroplating and quantity of additive affected on Ag content of deposit and surface roughness. In this work eutectic Sn-Ag solder bumps with fine pitch of 30 μ m and height of 15 μ m was formed successfully. The Ag content of electrodeposited solder was confirmed by EDS and WDS analyses and the surface morphologies was analyzed by SEM and 3D surface analyzer.

1. Introduction

전자패키징에서 플립칩(Flip-chip) 실장을 위해 사용되는 솔더범프(solder bump)의 형성 방법으로 미세피치(fine pitch)를 구현할 수 있고 신뢰성이 우수하며 가격경쟁력이 있는 전해도금법이 널리 사용되고 있다. 지금까지 전해도금 Sn-Pb 합금이 솔더재료로 사용되어 왔지만 인체에 유해하고 환경을 오염시키는 Pb의 사용규제가 전세계적으로 확산되어 법제화되고 있다. 현재 Sn-Ag 합금은 Sn-Pb를 대체할 만한 가장 적합한 솔더 재료중 하나로 평가되고 있으며 전해도금을 위한 도금욕은 시안화물(cyanide)을 포함하는 것과 포함하지 않는 것이 있다. 시안화물을 포함하는 도금욕의 경우 본질적으로 매우 유독한 특성을 지니고 있고 작업환경이 오염될 수 있으며 폐수 처리시 특별한 주의가 요구되므로 최근 시안화물을 포함하지 않는 도금욕에 대한 연구와 개발이 많이 이루어지고 있다.

한편, Sn-Ag 합금 도금시 Sn과 Ag의 표준환원전위(standard reduction potential)는 900mV 이상 차이가 나며 Sn은 2가 또는 4가 이온으로 존재하고 Ag는 1가 이온으로 존재하기 때문에 Sn의 우선적 환원성(preferential reduction)이 강해 합금 도금에 어려움이 있다. 또한 도금욕의 조건과 상태에 따라 합금 도금의 경향이 급격히 변화하기 때문에 도금에 영향을 미치는 인자들에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 제조가 비교적 간편하고 시안화물을 포함하지 않는 도금욕을 사용

하여 Ag 이온 농도, 전류밀도, 펄스 인가 주기, 첨가제등과 같이 Sn-Ag 합금 도금에 영향을 미치는 인자들에 관하여 연구하여 공정 조성의 Sn-Ag 솔더범프를 형성하고자 하였다.

2. Experimental Procedure

본 실험에 사용된 Sn-Ag 도금욕은 황산주석(tin sulfate)과 질화은(silver nitrate)을 포함하는 황산욕을 사용하였다. 도금욕에서 기본 첨가제로 포함된 Thiourea는 광택제(brightener)의 역할과 함께 Ag가 침전물로 형성되는 것을 억제하는 기능을 한다. Sn-Ag 합금도금은 Si 웨이퍼 위에 직류 마그네트론 스퍼터링으로 Cr과 Cu가 각각 500, 3000로 증착한 후 1cm×1cm의 시편에 실험 조건에 따라 약 10m의 두께로 도금하였다. 도금욕내의 Ag 이온의 농도는 첨가되는 질화은의 함량을 변화시켜 조절하였고 전류밀도는 1~3A/dm² 범위내에서 시편에 가해졌다. 첨가제는 상용 계면활성제를 사용하였다.

3. Results and Discussion

Ag의 농도와 전류밀도를 변화시키면서 도금 한후 표면을 관찰하였으며 또한 조성을 분석하였다. Fig. 1은 Sn-Ag 도금욕에서 Ag 이온의 농도를 0.001M, 0.003M, 0.005M로 하여 1A/dm², 2A/dm², 3A/dm²의 전류밀도에서 도금된 시편의 표면 SEM 사진이다. 전류밀도가 증가함에 따라 음극 과전압이 증가하므로 핵생성이 용이해져 미세조직(microstructure)의 크기가 감소되고 표면 거칠기(surface roughness)가 줄어들음을 알 수 있다. Fig. 2에서 보이는 바와 같이 도금된 시편의 조성은 EDS와 WDS를 사용하여 분석하였으며 비슷한 결과를 나타내었다. 전류밀도가 높아질수록 Ag의 조성이 감소되었다. 규칙 합금 도금계(regular alloy plating system)에서 전류밀도가 증가하면 음극 전위가 더 음의 방향(less noble)으로 이동하게 되고 덜 귀한 금속(less noble metal)의 전류밀도-전위 곡선과 근접하게 되므로 도금층에서 덜 귀한 금속의 조성이 증가하게 된다. 또한 간단한 확산 이론에 따르면 주어진 전류밀도에서 더 귀한 금속(more noble metal)의 증착률(rate of deposition)이 덜 귀한 금속의 증착률보다 한계값에 더 가깝기 때문에 전류밀도가 증가하면 덜 귀한 금속의 증착률이 증가하게 된다.

Fig. 3과 Fig. 4는 도금욕에 상용 계면 활성제(surface active additive)를 첨가해서 1~3A/dm²의 전류밀도에서 직류 도금된 시편의 SEM 사진과 WDS 결과인데 평활성은 다소 향상되었고 Ag의 조성은 첨가제가 없을 경우에 비해 전체적으로 약간 감소되었지만 3A/dm²의 전류밀도에서는 다시 증가하고 있다. 또한 1, 2A/dm²에서는 미세조직의 변화가 거의 없지만 3A/dm²에서는 첨가제 없이 도금된 표면에 비하여 미세조직의 크기가 급격히 감소되었다.

4. Conclusion

1. 전해도금된 Sn-Ag 도금층내 Ag의 조성은 도금욕의 Ag 이온의 농도가 커질수록 증가하였고 1~3Adm²의 범위에서 전류밀도를 증가하면 감소되었으면 도금조직은 전류밀도가 증가할수록 작아지는 경향을 보였다.

2. 계면 활성제가 포함된 도금표면의 거칠기는 첨가제가 없이 도금된 표면이나 펄스도금된 표면에 비하여 향상되었으며 1~3A/dm²의 전류밀도 범위에서 조성 변화 정도가 줄어들었고 공정 Sn Ag 합금을 형성하는 것이 가능하였다.

Acknowledgement

본 논문은 한국과학재단 전자패키지재료연구센터(CEPM)의 지원으로 수행하였습니다.

참고문헌

1. European Union WEEE Directive, 3rd Draft, May (2000)
2. Japanese Ministry of Health and Welfare Waste Regulation, June (1998)
3. S. Arai, Microjoining and Assembly Tech. in Electronics 3rd Symposium Feb. 6-7 (1997)
4. T. Kondo et al., Plating and Surface Finishing, Feb. (1998), p, 51

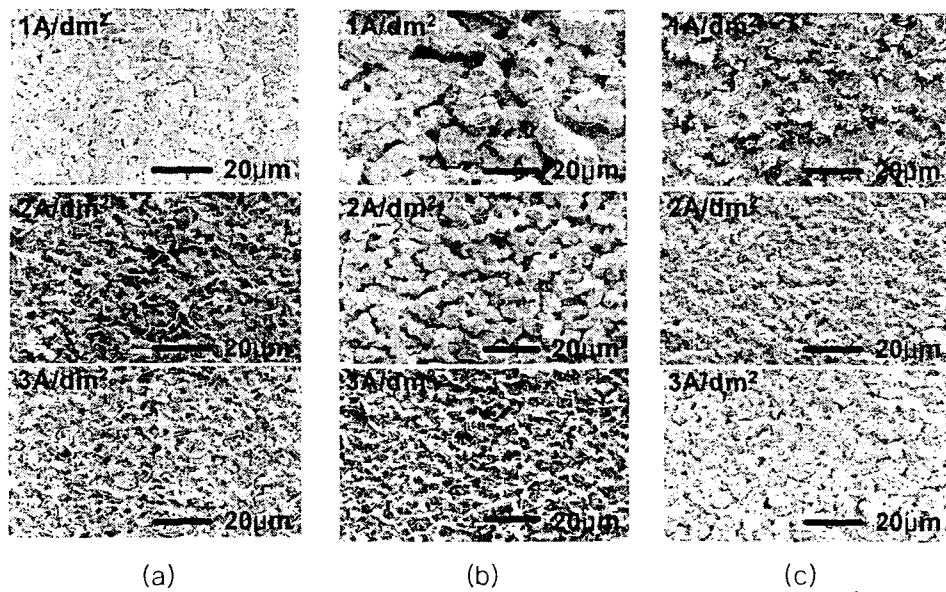


Fig. 1. Surface morphologies of electroplated Sn-Ag solder on $I \sim 3A/dm^2$ (a) 0.001M, (b) 0.003M, (c) 0.005M

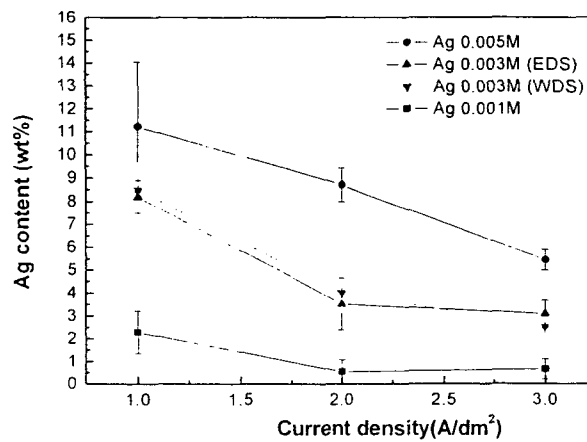


Fig. 2. Composition of deposits analyzed by EDS and WDX

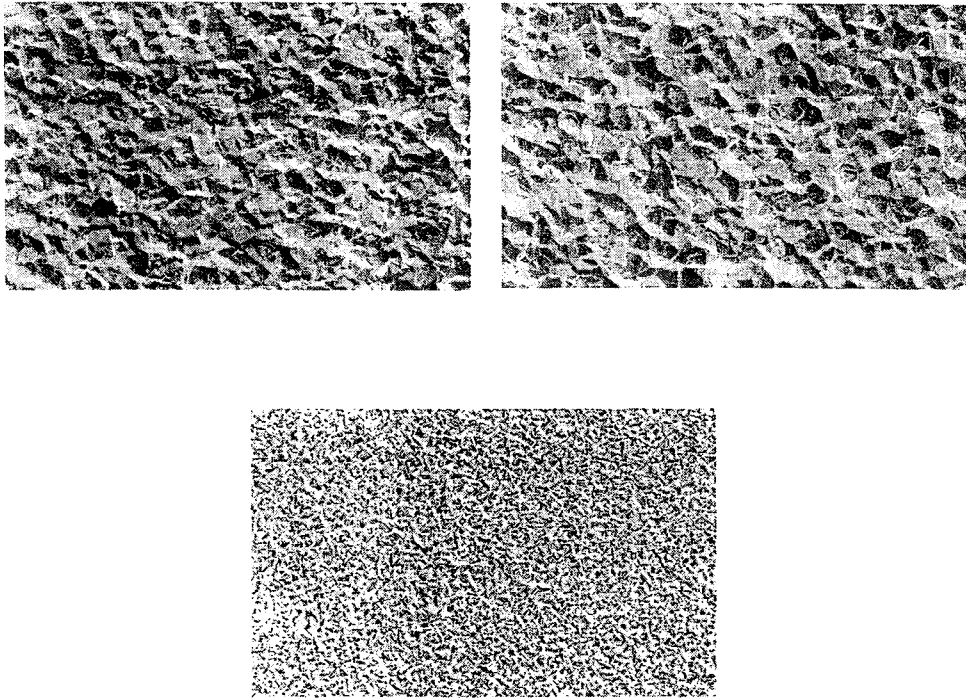


Fig. 3. Surface morphologies of electroplated Sn-Ag solder in bath containing surface active additive (a) $1\text{A}/\text{dm}^2$, (b) $2\text{A}/\text{dm}^2$, (c) $3\text{A}/\text{dm}^2$

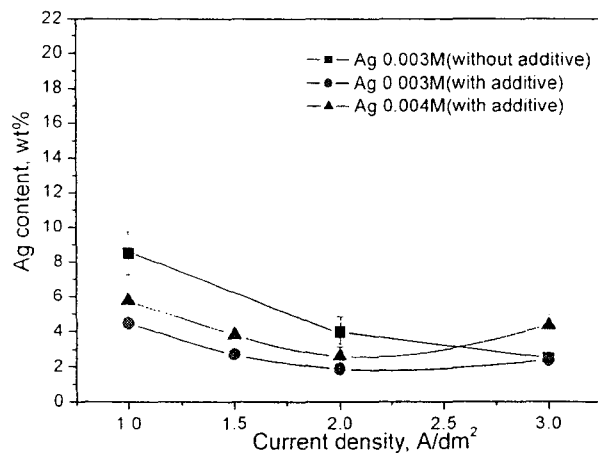


Fig. 4. WDS analysis of electroplated Sn-Ag solder in bath containing surface active additive