

과불소화알킬 계면활성제를 함유하는 솔더범프용 주석합금 전기도금액

Tin Alloy Electroplating Solution Containing Perfluorinated Alkyl Surfactant for Solder Bump

고정우^{a*,b}, 오정훈^a, 손진호^a, 박규빈^a, 이형근^a, 김정태^a, 박현국^{a,b}, 정홍수^a
^{a*}(주)APCT(E-mail:jwgo@apct.co.kr), ^b한국전자통신연구원 기술사업화지원팀

초 록: 주석계 전기도금액에 포함된 불소계 계면활성제는 분산·유화·소포 효과를 발휘할 수 있으며, 도금 금속 결정을 미세하게 하여 범프의 그레인 크기와 모양 특성을 개선하며, 범프의 높이 차 (WID, WIW) 감소 및 범프 내 빈 공간과 금속간 층의 균열 생성 방지에 영향을 주었음을 알 수 있었다.

1. 서론

주석계 도금액을 이용한 플립칩 패키지 공정에서는, 집적회로 칩의 패드상에 솔더범프를 형성한 다음, 열을 가하여 직접 회로 기판에 접합시키기 때문에, 칩의 가장자리만을 이용하는 와이어 본딩 또는 TAB 방법에 비해 칩의 전면적을 활용하는 면 배열 (area array) 방식이므로, 단위 면적당 입출력 단자 수를 크게 증가시킬 수 있어 미세 피치에 적용이 가능하고, 솔더범프의 길이가 와이어 본딩에 비해 매우 짧기 때문에 전기적 특성이 우수한 장점이 있다. 이 때문에 플립칩 기술은 패키지의 크기를 최소화할 수 있어 경박단소화, 고기능화, 고속화된 전자 제품의 구현에 적합하고, 노이즈 문제 등도 해결할 수 있다. 이러한 기술은 CPU와 메모리뿐만 아니라 디스플레이 분야 및 반도체 산업 전반에 확대 적용이 가능하다.

2. 본론

본 연구에서는, 플립칩 패키지용 금속 기반의 UBM 층 위에 전기도금법으로 주석계 솔더범프를 형성하는 데 있어서, 우수한 전류 효율과, 금속간 화합물 (IMC) 층 균열 및 범프 내 빈 공간이 없고, 형성된 범프 평탄도 및 높이가 편차가 양호하며, 고속 도금 영역 (10~19 A/dm²)에서 적용할 수 있는, 과불소화알킬 계면활성제를 함유하는 주석계 전기도금액 및 이를 이용한 플립칩용 솔더범프의 형성방법에 대해 연구하였다.

1) 주석-은 도금액의 제조 : 메탄술폰산주석 (주석 기준으로 95 g/L), 메탄술폰산은 (은 기준으로 2.0 g/L), 메탄술폰산 100 g/L, 과불소화옥틸술폰산칼륨 0.1 mg/L, 폴리옥시에틸렌 스티렌화페닐 에테르 13.5 g/L, 폴리옥시에틸렌 비스페놀 F 에테르 1.5 g/L, 착화제로 티오디글리콜류 270 g/L를 혼합, 교반 그리고 여과하여 주석-은 합금 도금액을 제조하였다. 여과는 수 마이크로미터 공극 크기의 카트리지 필터에 도금액을 통과시키는 방식으로 이루어졌다.

2) 단면도금 평가 : 1)에서 얻은 주석-은 합금 도금액에 대해 정전류 도금을 실시하여 특성을 평가하였다. 주석-은 합금 단면 도금 평가에 있어서, 음극은 2×2 cm² 황동판 단면, 양극은 백금이 코팅된 티타늄 전극을 사용하였으며, 상기 도금액 250 mL를 분당 100회 속도로 교반하면서, 전류 밀도 5와 10 A/dm² 하에서 두께가 20 μm가 될 때까지 정전류 도금을 실시하였다. 도금된 결과는 Fig. 1(a, b)와 Fig. 2(a, b)에 나타내었다. (a)는 전류밀도 5 ASD, (b)는 전류밀도 10 ASD 조건에서의 주석-은 도금 표면의 형상을 나타낸다.

3) 주석계 솔더범프의 특성 : 주석-은 합금 범프 형상 및 특성을 관찰하기 위하여, 구리 필라를 형성한 12인치 패턴 웨이퍼에 1)의 주석-은 전기 도금액으로 전기 도금을 하여 솔더범프를 제조하였다. 주석-은 전기 도금 공정은 실온에서 교반하여 주면서 13 A/dm²의 전류 밀도 하에서 이루어졌다. 13 A/dm²에서 도금 속도는 6.6 μm/분이었으며, 전류 효율은 99.5%, 은 함량은 2.2% 비율로 구현되었다. 범프 형성 후 240°C까지 분당 2°C의 속도로 승온하고 분당 3°C 속도로 냉각시켜서 솔더 리플로우를 진행하였다. 이와 같이 하여 얻은 솔더범프의 특성은 범프의 패턴 (범프 CD 20~60 μm, 범프 피치 95~190 μm)과 범프 유형별 (필라 또는 버섯 모양) 도금 경향성 모두 양호하였다. 한편으로 전술한 조건에서 전류 밀도를 바꾸어 주며 주석-은 도금을 수행하면서 도금 공정의 전류 효율을 측정하였는데 전류 효율은 각각 10, 12, 13, 14, 15, 16 A/dm² 일 때 99.6, 99.5, 99.5, 98.9, 98.0, 95.8%이었다. 13 A/dm²의 전류 밀도로 본 실시예의 도금 공정으로 얻은 솔더범프에 대하여 솔더 리플로우 전과 후의 전자 현미경과 X선 영상을 분석한 결과, 솔더 리플로우 후에 매끈한 표면 외관을 갖춘 범프를 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 솔더범프의 다이 (die) 내 높이 및 높이의 최대값과 최소값의 편차 (WID)는 19.79±0.19 μm이었다. 원자 흡수 분광법 (AA)으로 측정된 주석-은 합금의 은 비율은 2.2%이었다. X선 영상으로 확인할 솔더범프 내에는 빈 공간이 없는 치밀한 구조였다.

4) 불소계 계면활성제의 영향 (I): 주석-은 합금 범프 형상 및 특성을 관찰하기 위하여, 음극으로는 도금 패턴 웨이퍼를 3×3 cm²크기로 자른 조각 시편을, 양극으로는 백금이 코팅된 티타늄 전극을 사용하였으며, 상기 전기 도금액 (250 mL)을 실온에서 분당 100회 속도로 교반하여 주면서, 전류 밀도 5 A/dm²와 10 A/dm² 조건에서 두께가 20 μm가 될 때까지 정전류 도금을 실시하였다. 특성 측정 결과는 각각 Table 1(a)와 Fig. 1(c-f)에 나타내었다.

5) 불소계 계면활성제의 영향 (II) : 전기 도금액에서 불소계 계면활성제 성분을 제외한 것 이외에는 4)에서와 동일하게 주석-은 도금 공정을 수행하여 솔더범프를 제조하였다. 전류 밀도 5 A/dm²와 10 A/dm²조건에서 특성 측정 결과는 Table 1(b)

와 Fig. 2(c-f)에 나타내었다.

6) 비교 평가 : 도금 피막 외관 평가를 위하여, 솔더 리플로우 전후의 범프의 형상을 SEM으로 관찰하였고, 전류 효율, 은 함량 (원자 흡수 분광), 리플로우 후 범프내 빈 공간 (X선), 그리고 WID (%)를 측정하였다. 백분율 WID는 최대값과 최소값의 차이를 평균값으로 나눈 백분율이며 범프의 외관 평가는 표면 미세화와 평탄도 측면에서 상대 평가하였고, 범프 내 빈 공간은 X선 범프 형상에서 빈 공간이 없으면 우수로, 빈 공간이 0.05% 이하이면 양호로, 빈 공간이 0.05% 이상이면 불량으로 진단하였다. 측정 결과는 이하의 Table 1과 Fig. 1-2에 나타내었다. 상기 4)와 5)의 비교 실험으로 알 수 있듯이, 불소계 계면활성제 성분 포함여부에 따라 도금 조직 또는 범프 특성에 차이가 큰 것으로 나타났다. 불소계 계면활성제 성분은 도금 조직의 그레인 크기와 모양 특성에 영향을 주며, WID와 WIW 높이 편차 및 범프내 빈 공간과 금속간 층 균열 생성에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 불소계 계면활성제 성분이 없는 주석-은 전기 도금액으로 솔더범프를 형성할 경우, WID의 편차가 급격히 늘어나 범프 패턴의 균일성이 훼손되었고, 주석에 대한 은의 함량이 증가되는 경향을 나타내었다. 그 외 전류효율과 리플로우 후 범프내 빈공간에서도 차이가 났다.

Table 1. 10 ASD에서 주석-은 합금 범프 형성 평가

구분	전류 효율, %	은 함량, %	평균 범프 두께, μm	WID, %	범프 외관		리플로우 후 범프내 빈 공간
					리플로우 전	리플로우 후	
(a)	98.2	2.2	21.18	0.62	상	상	우수
(b)	97.1	2.7	21.70	5.0	상중	상중	양호

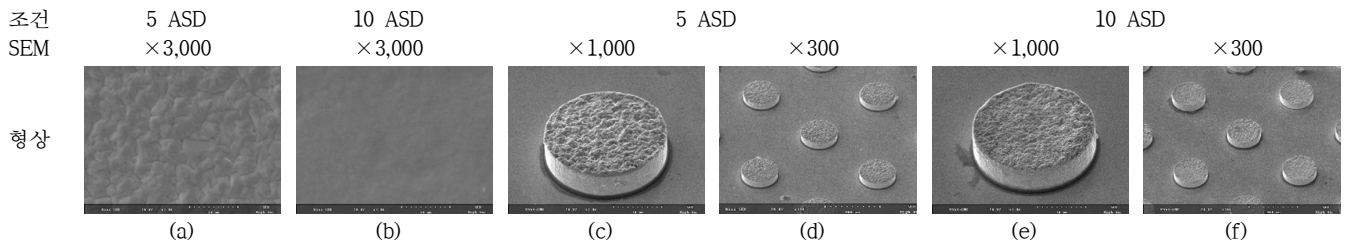


Fig. 1. 불소계 계면활성제 성분을 포함한 SnAg 표준 도금액을 이용한 전기도금

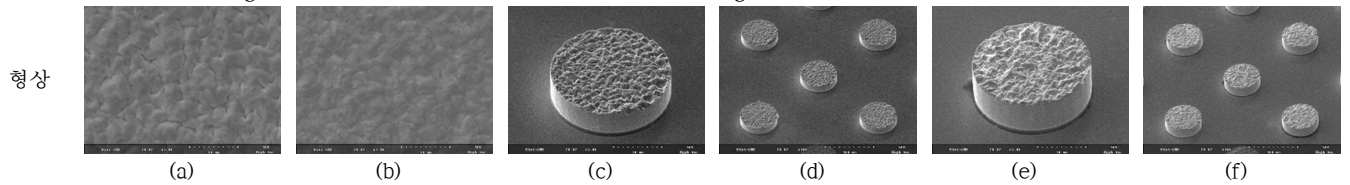


Fig. 2. 불소계 계면활성제 성분을 제외한 SnAg 표준 도금액을 이용한 전기도금

3. 결론

불소계 계면활성제가 함유된 주석계 전기 도금액을 이용하여 UBM층 위에 금속 필라 형성 후 솔더범프를 형성하면, 도금액의 표면장력, 젖음성, 그리고 퍼짐성 등을 개선할 수 있어서, 도금 공정의 전류 효율을 높일 수 있고, 제조한 솔더범프의 금속간 화합물 (IMC) 층의 균열이나 범프내 빈 공간이 감소하며, WID 및 WIW 범프 높이 편차가 고르고, 고속 도금 영역 (10-19 A/dm²)에서도 도금 피막 특성이 우수한 플립칩 패키지를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- 고정우, 오정훈, 박규빈, 박현국, 정홍수 ‘과불소화알킬 계면활성제를 함유하는 솔더범프 용 주석합금 전기도금액’ (국내 출원번호 : 10-2014-0098394)
- 고정우, 오정훈, 손진호, 박현국, 방태조 ‘구리 도금액을 이용한 필라 범프 형성 방법 및 그 도금액’ (국내 출원번호 : 10-2014-0050167)
- 고정우, 오정훈, 손진호, 이형근, 박규빈, 박현국, 방태조, 김동현 ‘방향족 폴리옥시에틸렌 에테르 계열 계면활성제를 포함하는 단일 주석 또는 주석-은 합금 도금액’ (국내 출원번호 : 10-2013-0169076)