Ag Paste bump 구조를 갖는 인쇄회로기판의 Ag migration 발생 안전성 평가

송철호·김영훈·이상민·목지수*·양용석[†] 부산대학교 나노과학기술대학, 나노융합기술학과 *삼성전기 기판사업부 기판선행개발팀

Investigation of Ag Migration from Ag Paste Bump in Printed Circuit Board

Chul-Ho Song, Young-Hun Kim, Sang-Min Lee, Jee-Soo Mok* and Yong-Suk Yang[†]

Department of Nano Fusion Technology, Pusan National University, Myrang 627-706 *Samsung Electro-Mechanics, ACI Division, Advanced Technology Team

(2009년 10월 13일 접수 : 2009년 12월 24일 최종수정 : 2009년 12월 25일 채택)

Abstract The current study examined Ag migration from the Ag paste bump in the SABiT technology-applied PCB. A series of experiments were performed to measure the existence/non-existence of Ag in the insulating prepreg region. The average grain size of Ag paste was 30 nm according to X-ray diffraction (XRD) measurement. Conventional XRD showed limitations in finding a small amount of Ag in the prepreg region. The surface morphology and cross section view in the Cu line-Ag paste bump-Cu line structure were observed using a field emission scanning electron microscope (FE-SEM). The amount of Ag as a function of distance from the edge of Ag paste bump was obtained by FE-SEM with energy dispersive spectroscopy (EDS). We used an electron probe micro analyzer (EPMA) to improve the detecting resolution of Ag content and achieved the Ag distribution function as a function of the distance from the edge of the Ag paste bump. The same method with EPMA was applied for Cu filled via instead of Ag paste bump. We compared the distribution function of Ag and Cu, obtained from EPMA, and concluded that there was no considerable Ag migration effect for the SABiT technology-applied printed circuit board (PCB).

Key words Ag migration, PCB, Ag paste bump.

1. 서 론

최근 들어 전자제품들의 소형화, 경량화, 고기능화가 활발히 진행되고 있다. 이러한 수요를 원만히 이루기 위해서는 회로의 고집적 설계, 층간 도통의 신뢰성 확보 및미세회로 배선이 적용된 고밀도 및 다기능화가 가능한 인쇄회로기판의 개발이 요구되고 있다. 1-3) 종래의 도금 (Cuplating)기술에 따른 다층 인쇄회로기판의 제조공정은 핸드폰 등의 적용 제품의 가격 하락에 따른 저비용에 대한요청, 양산성을 높이기 위한 리드타임 단축에 대한요청 등을 만족시키지 못하는 문제가 있으며, 이러한 문제를 해결할 수 있는 새로운 제조공정이 필요한 상황이다. 이중SABiT (Samsung Advanced Bump interconnection Technology) 기술은 원추모양의 전도성 bump를 동박 한쪽 면에 형성하고 열경화하여 prepreg를 관통시킨 후 동박과

적층하여 다른 층을 도통시키는 방법으로 설계상의 라우팅 한계를 극복하고, 공정을 단축시켜 원가를 절감할 수있는 획기적인 방법이다. 그러나 SABiT 공법을 적용한기판의 안정적인 전기적 회로 구성을 위해서는 bump가형성 될 때 발생할 수 있는 bump와 prepreg 사이의 Ag migration을 고려해야 한다. 따라서 본 연구에서는 SABiT 공법을 적용하여 Ag paste bump를 갖는 기판을 제작하고, 기판에 대한 Ag migration의 측정법에 대한 여러 가지 방법들을 제시하였다.

2. 실험 방법

SABiT 공법으로 Ag paste bump를 이용한 층간 연결기판을 제작하였다. Ag paste bump를 이용한 층간 연결기판을 제작하는 SABiT 공법은 다음과 같이 진행된다. (1) 동박 한쪽 면에 Ag bump 인쇄 (80°C에서 5분 동안 가건조), (2) 인쇄 완료 후, 85°C 에서 10분, 165°C에서 20분 동안 Ag bump 건조, (3) 동박 한쪽 면에 형성 된

E-Mail: ysyang@pusan.ac.kr (Y. -S. Yang)

[†]Corresponding author

Ag bump에 열경화 된 prepreg를 관통시킨 후 다른 동박 과 적층, (4) 200℃에서 90분 동안 열처리.

SABiT 공법에 쓰여지는 prepreg는 절연층으로써, epoxy resin과 resin chemical로 이루어진 resin system, 그리고 resin system을 구조적으로 지지하고 우수한 휨 강도를 제 공하는 glass fabric으로 이루어져 있다. 제작 된 기판은 측정을 위해 prepreg를 관통시킨 후 적층된 동박을 부식시켰다. Fig. 1은 이와 같이 준비한 인쇄회로기판의 모식도이다.

제작 된 기판은 Ag paste bump의 크기 (직경)가 100 μm, pitch (bump 중심 사이의 거리)는 150 μm였다.

Ag migration 안정성 규명을 위해 XRD, SEM-EDS 및 EPMA 장비를 이용하였다. XRD 측정은 100 μm 크기

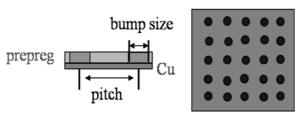


Fig. 1. Schematic view of PCB with Ag paste bump, prepared by using SABiT technology.

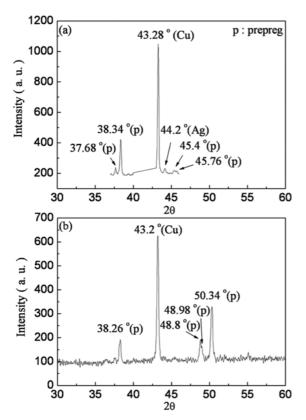


Fig. 2. XRD patterns from PCB (a) with and (b) without Ag past bumps.

의 bump가 있는 기판과 bump를 제외한 prepreg와 동박 만 있는 기판에 대해 수행하였다. SEM 측정을 위해, 기 판의 부식 된 면을 미세한 샌드페이퍼로 표면 연마한 후 표면 연마 과정에서 생긴 이물질을 제거 하기 위해 초 음파 세척을 하였다. SEM 측정으로 초음파 세척 전후 의 모습을 비교하였으며, 초음파 세척 후의 기판을 SEM-EDS line scan으로 Ag migration 안정성 규명 여부를 확 인하였다. SEM-EDS 보다 정확한 Ag migration에 대한 정량 분석을 위하여 EPMA 장비를 통해 line scan 및 mapping을 수행하였다. 또한, 위 결과를 비교 분석하기 위해 Laser via 공법을 통해 제작 된 Cu filled via에 대해서도 EPMA 장비를 통한 line scan을 수행하였다. EPMA의 line scan 측정 조건은 가속 전압과 전류가 각 각 20 keV와 20 nA였으며, 스텝 크기와 전자빔 크기는 0.1 μm 이었고 스텝당 유지시간은 1초 이었다. EPMA mapping 측정조건에서 가속전압과 전류 및 전자빔 크기는 line scan 할 때의 조건과 같았으며 유지시간은 30 msec 였다.

3 결과 및 고찰

3.1 XRD 측정법을 통한 Ag migration에 대한 평가

SABiT공법에 의한 Ag paste bump의 알갱이 크기 변화를 구하기 위해 실제 PCB 제작 공정과 동일하게 열처리 한 Ag paste와 열처리 전의 Ag paste를 XRD 측정하였다. Scherrer 식⁴⁾으로 구한 공정 전 후의 Ag paste 알 갱이의 크기는 26.6 nm에서 약 33.6 nm로 증가 하였다.

Fig. 2는 100 µm의 크기를 가진 Ag paste bump가 140개 있는 기판과 bump를 떼어낸 후 prepreg와 동박만 있는 기판에 대한 XRD 측정 결과이다. Bump를 떼어낸 후 XRD를 측정한 이유는 기판 열처리 과정에서 Ag migration에 의한 prepreg 내의 Ag 존재 유무를 파악하기 위함이었고, XRD는 보편화 되어 있고 다루기가 쉬우며 비파괴 검사를 할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

Fig. 2(a)의 경우, JCPDS card에 있는 Ag에 해당하는 봉우리 (38.2°, 44.4°)를 자세히 관찰하기 위해 회절 구간을 37~40°와 43~46°로 하여 집중적으로 측정하였으며, 측정 속도는 0.05°/min이었다. 그림에서 보듯이 X-선 입사빔반대편에 전반적으로 깔려 있는 동박에 의한 회절 봉우리 (43.28°)가 가장 크게 나타났으며, Ag bump에 해당하는 봉우리 (44.2°)는 아주 작게 나타났다. Fig. 2(b)의 측정 속도는 0.5°/min이었으며, 측정 구간은 30~60°였다. Fig. 2(b)에서는 동박과 prepreg에 해당하는 봉우리를 확인하였으나 Fig. 2(a)에서 확인 된 Ag에 해당되는 회절 봉우리는 나타나지 않았다. 이 결과는 Ag paste bump로부터 migration에 의해 prepreg 내에 존재하는 Ag 양이 매우 적거나 없음을 의미하며 일반 실험실 차원의 XRD

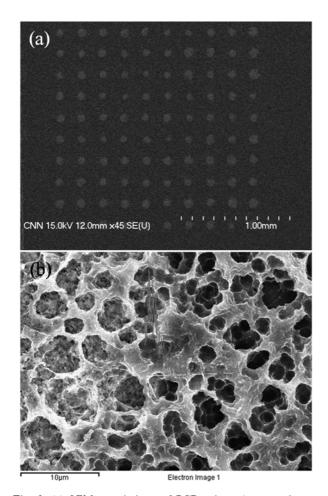
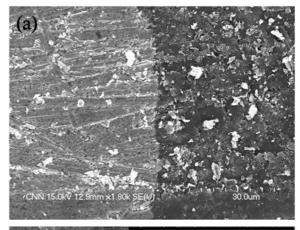


Fig. 3. (a) SEM morphology of PCB, where Ag paste bump size and pitch distance is 100 and 150 μ m, respectively. (b) Magnified view of the upper part of Ag paste bump, and SEM-EDS line scan.

로는 Ag migration에 대한 안전성을 파악하는데 한계가 있음을 뜻한다.

3.2 SEM-EDS 측정법을 통한 Ag migration에 대한 평가

Fig. 3의 (a)와 (b)는 bump의 크기가 100 μm이고 pitch 가 150 μm로 제작 된 양면 동박 기판에서 한 면의 동박을 부식 시킨 SEM 사진과, 하나의 bump에 대해 SEM-EDS line scan한 사진이다. Fig. 3(b)에서 EDS로 측정한 line scan은 거리에 따른 Ag의 상대적 양을 1차원으로 나타낸 것이다. 또한 그림 왼쪽에는 Ag paste bump가 있고, 불규칙적으로 구멍이 있는 확대된 이미지는 Ag paste bump 위까지도 덮여있는 있는 prepreg를 나타낸다. 이와 같이 Ag paste bump와 prepreg 사이의 경계가 모호하였다. 따라서 이러한 불필요한 prepreg를 제거하기 위해 섬세한 샌드페이퍼로 표면을 연마하고 연마과정에서 생긴 이



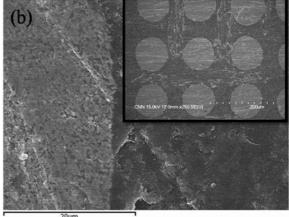


Fig. 4. SEM morphology of surface-polished PCB, where Ag paste bump size and pitch distance is 100 and 150 μm , respectively. (a) Before and (b) after ultrasonic cleaning.

물질을 제거하기 위해 시료를 증류수에 넣어 5분 동안 초음파 세척을 하였다.

Fig. 4는 bump의 크기가 100 µm이고 pitch가 150 µm 인, 표면 연마 작업이 된 기판의 초음파 세척 (a)전과 (b)후의 모습이다. 초음파 세척 후 표면에 존재하는 여러 이물질들이 효과적으로 제거 되어 bump와 prepreg 사이의 경계가 분명해졌으며 기판의 bump 크기와 pitch 크기가 일정하게 잘 제작 된 것을 알 수 있다.

이렇게 동박 부식, 표면 연마, 초음파 세척을 거친 기판을 가지고 Ag migration에 대한 안전성을 시험하기 위해 SEM-EDS line scan을 하였으며, Fig. 5에 내용이나타나 있다.

Fig. 5의 SEM 사진에서 오른쪽이 Ag paste bump이고 왼쪽 짙은 색 부분이 prepreg 영역이다. Ag 양을 나타내는 line scan을 보면 Ag 양이 bump의 가장자리에서 가장 크고 가장자리부터 약 2 μm 정도까지 급격하게 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나, bump의 가장자리에서 부터 많이 벗어난 곳에서도 적은 양의 Ag가 검출 되는 현상을 볼 수 있다. 그러나 bump에서 많이 벗어난 곳

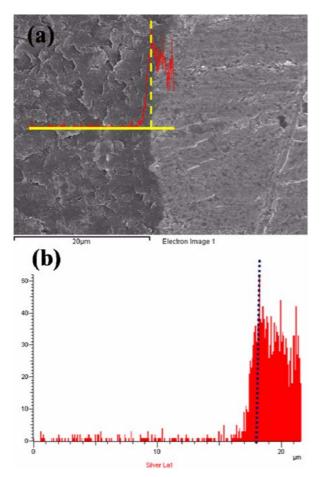


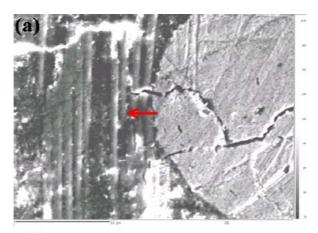
Fig. 5. (a) SEM morphology and (b) line-scanned view of surface-polished and ultrasonic-cleaned PCB with Ag paste bump.

에서 이와 같이 Ag가 불규칙적으로 적게 존재하는 것 과 같은 결과를 신빙해야 하는지, 또는 측정상의 오차나 Ag의 존재 유무와 관계 없이 기계적인 background로 생 각할 수 있는지가 분명치 않다. 이러한 의구심과 bump 에서 멀리 떨어진 곳에서 Ag 존재 여부를 더욱 정확히 알기 위해 다른 방법을 통한 측정이 필요하게 되었다.

3.3 EPMA 측정법을 통한 Ag ion migration에 대한 평가

원소의 정량 및 정성 분석을 위해서는 일반적으로 앞에서 수행한 EDS 분광계가 달린 SEM 측정과 wavelength dispersive spectroscopy (WDS) 분광계가 달린 EPMA 측정으로 나누어진다. 이중 EDS는 빠른 시간 내에 구성성분의 종류를 알 수 있으며, WDS는 알려진 성분에 대한정확한 정량 분석이 가능하다. 따라서, 보다 정확한 Ag migration 안정성 평가를 위해 EPMA 장비를 사용하였다.

Fig. 6은 Fig. 5에서 측정 한 기판과 같은 조건으로 처리한 기판에 대한 EPMA 장비를 이용한 SEM 사진과 line scan 결과를 나타낸다.



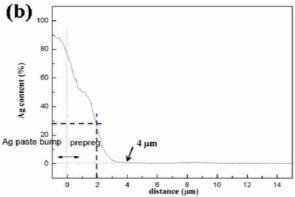


Fig. 6. Measured results of EPMA for surface-polished and ultrasonic-cleaned PCB with Ag paste bump. (a) SEM morphology and (b) line-scanned view.

Fig. 6(a)에 있는 화살표는 line scan을 한 부분이다. Fig. 6(b)의 빨간색 수직 점선은 SEM 사진(Fig. 6(a))에서의 prepreg와 Ag bump의 경계를 나타내며, 빨간색 수평 점선은 Ag 양이 0인 기준선을 나타낸다. Fig. 6(b)의 Ag 분포도에서는 가장 높은 강도를 100%로 정하고 다른 위치에서 나타나는 Ag 양을 %로 나타내었다. 그 결과, SEM 사진에서 prepreg가 시작 되는 지점으로부터 약 4μm까지 Ag 성분이 나타났다. 이 결과를 더욱 확인하기위해 같은 기판을 mapping으로 측정 하였고 그 내용이 Fig. 7에 나타나 있다.

Fig. 7에서 (a)는 기판의 SEM 사진, (b)는 mapping 결과 (c)는 SEM 사진과 mapping 결과를 겹친 사진이다. Fig. 7(c)에서 노란색은 SEM 사진과 Ag 강도가 동시에 나타나는 영역이며, 녹색은 Ag 강도만 나타나는 영역, 빨간색은 SEM 사진 형상만 나타나는 영역, 검은색은 SEM 사진 형상과 Ag 강도 모두 나타나지 않는 영역을 각각의미한다. Fig. 7의 (b)와 (c)를 통해, bump의 가장자리에서부터 가장자리의 접선에 수직한 방향으로 3.3~4.8 μm까지 Ag가 존재하고, 이는 Fig. 6에서 보인 결과 (4 μm)와 일치하는 것임을 알 수 있다.

Fig. 7에서 측정된 EPMA line scan 결과가 Ag migra-

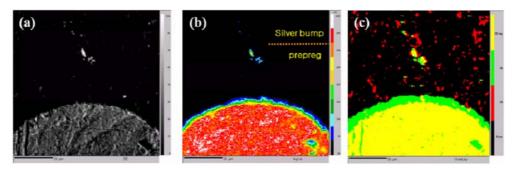


Fig. 7. Measured results of EPMA for surface-polished and ultrasonic-cleaned PCB with Ag paste bump. (a) SEM morphology, (b) mapping image and (c) overlapped view of SEM morphology and mapping images.

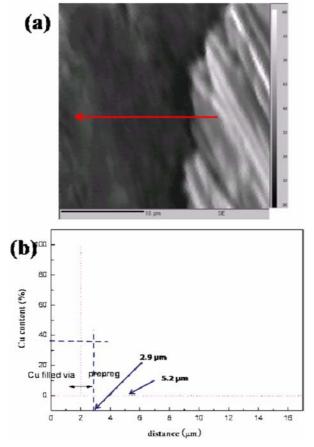


Fig. 8. Measured results of EPMA for PCB with Cu filled via. (a) SEM morphology and (b) line-scanned view.

tion의 영향인가를 판단하기 위해 제조 공정상 migration 이 일어나지 않는 Cu filled via 구조를 갖는 기판에 대해 EPMA를 측정하였고, 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 8(a)는 SEM 사진이며, 화살표는 line scan을 한 부분이다. Fig. 8(b)는 line scan의 결과이며, Fig. 6(b)와 동일하게 가장 높은 강도를 100%로 정하고 다른 위치에서의 Cu 강도를 %로 표시하였다. 빨간색 수직 점선과 수평 점선은 SEM 사진(Fig. 8(a))에서의 prepreg와 Cu

filled via의 경계(2 µm) 와 Cu 강도가 0 인 기준선을 각 각 나타낸다. 그 결과, SEM 사진 상에서 prepreg가 시작 되는 지점으로부터 약 3.2 µm까지 Cu 성분이 나타났다. 일반적으로 전자빔을 이용하는 EPMA 측정에서 분해능 을 향상시키기 위해서는 전자탐침 (electron probe) 전류를 낮게 하고 가속전압을 높여 빔 크기를 줄여야 한다. 그 러나 가속전압의 증가는 입사빔과 시편과의 상호작용으 로 시편 표면 아래의 특정 X선 방사체적을 증가시킨다. 따라서, 실제로 얻어진 정량 분석의 결과는 분석하고자 하는 구역과 이웃하는 다른 구역에 대한 정보를 포함하 고 있으며, 방사체적의 증가율은 시편의 종류에 많이 의 존한다.⁵⁾ 이와 같은 이유로, 우리는 EPMA 측정 시 발 생하는 시편 표면 아래의 방사체적을 고려하여 Ag paste bump와 Cu filled via에 대해 migration이 되는 거리를 측정하기 위해 Fig. 6과 8의 (b)에 나타난 파란색 점선 (bump 또는 via의 가장자리에서 강도의 1/e 값으로 떨어 지는 거리. 즉, 방사체적을 고려한 prepreg와의 경계면. Ag bump (1.8 μm), Cu filled via (2.9 μm))을 기준점으로 하고 이 곳으로부터 강도가 0까지 되는 거리를 측정하였 다. 이와 같은 방법을 이용한 결과, Ag paste bump의 경 우 거리가 2.2 μm, Cu filled via의 경우는 2.3 μm로 확 인되었다. 즉, 두 제조 공법 (paste bump via, laser via 공 법)에 관계없이 Ag나 Cu가 일정한 거리까지 prepreg에 함 유 되어있는 것으로 나타난다. 그러나, laser via 공법으로 제작 된 Cu filled via의 경우는 Cu migration이 없다는 사실⁶을 상기하면 Ag paste bump via 및 Cu filled via 외곽 4 µm 이내의 영역은 측정 전자빔과 시편이 상호 작 용하는 특정 X선 방사체적 범위로 판단할 수 있으며, SABiT 공법으로 제작 된 Ag paste bump via의 Ag migration을 고려하지 않아도 되는 것으로 결론 지을 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 SABiT 공법으로 Ag paste bump를 이용한 층간 연결 기판을 제작하였다. 제작 된 기판은 측정을 위 해 prepreg를 관통시킨 후 적층 된 동박을 부식 시켰다. XRD 측정을 통해 제조 공정에서 제작되는 Ag paste bump의 알갱이 크기는 30 nm였으며, 낮은 측정 강도로 인해 일반 실험실 수준의 XRD로는 Ag migration 안정성 규명에 한계가 있음을 보였다. SEM-EDS 및 EPMA 측정을 하기 전에 Ag paste bump와 prepreg 사이의 경계를 분명히 하기 위해 표면연마와 초음파 세척을 하였다. Ag paste bump의 SEM-EDS와 Ag paste bump와 cu filled via의 EPMA 측정 결과를 통해 Ag paste bump via 및 Cu filled via 외곽 4 μm 이내의 영역은 측정 전자빔과 시편이 상호 작용하는 특정 X선 방사체적 범위내에 있으며, SABiT 공법으로 제작 된 Ag paste bump의 Ag migration은 bump 외곽으로부터 4 μm 이상에서 안정성을 확보 할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- K. Goto, T. Oguma and Y. Fukuoka, IEEE Trans. Adv. Pack., 23(3), 447 (2000).
- O. Shimada, K. Hisano, H. Iwasaki, M. Ishizuka and Y. Fukuoka, in Proceedings of InterSociety Conference on Thermal Phenomena, Seattle, 468 (1998).
- M. H. Seo, Man Sik Kong, H. S. Hong, J. W. Sun, K. O. Kong and K. M. Kang, Kor. J. Mater. Res., 19(3), 151 (2009).
- C. Suryanarayana and M. Grant Norton, X-Ray Diffraction

 A Practical Approach, p. 212, Plenum Press, New York
 (1998).
- S. W. Lee, K. H. Kim, K. B. Shimb and K. D. Koo, J. Korean Ceram. Soc., 36(5), 490 (1999).
- F. Inoue, Y. Harada, M. Koyanagi, T. Fukushima, K. Yamamoto, S. Tanaka, Z. Wang and S. Shingubara, Electrochem. Solid-State Lett., 12(10), H381 (2009).