

BGA 패키지에서 Sn-Ag계 솔더범프와 Ni pad 사이에 형성된 금속간화합물의 분석

양승택 · 정 윤 · 김영호
한양대학교 재료공학과

Intermetallic Formation between Sn-Ag based Solder Bump and Ni Pad in BGA Package

Seung Taek Yang, Yoon Chung and Young-Ho Kim

Dept. of Materials Engineering, Hanyang Univ. Seoul, 133-791, KOREA

초 록: 실제 BGA 패키지에서 Sn-Ag-(Cu) 솔더와 금속패드가 반응하여 생성된 금속간 화합물의 특성을 Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)와 X-ray Diffractometer (XRD)를 사용하여 분석하였다. EDS로 분석한 결과를 보면 BGA 패키지에서 Sn-Ag-Cu 솔더와 Au/Ni/Cu 금속층간의 반응으로 생성된 금속간화합물은 (Cu,Ni)₆Sn₅로 예상되며, Cu의 편석은 솔더와 Ni 층 사이에서 발견되었다. XRD 분석결과 Cu를 함유하고 있는 Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni층 사이에서는 η-Cu₆Sn₅ 타입의 금속간화합물이 분석되었으며 Sn-Ag 솔더와 Ni층 사이에서는 Ni₃Sn₄가 분석되었다. 계면에 생성된 금속간화합물은 리플로 회수와 솔더내의 Cu의 함량에 따라 증가하였다.

Abstract: The intermetallic formation between Sn-Ag-(Cu) solders and metal pads in a real BGA package was characterized using SEM, EDS, and XRD. The intermetallic phase formed in the interface between Sn-Ag-Cu and Au/Ni/Cu pad is likely to be ternary compound of (Cu,Ni)₆Sn₅ from EDS analysis. High concentration of Cu was observed in the solder/Ni interface. XRD analysis confirmed that η-Cu₆Sn₅ type was intermetallic phase formed in the interface between Cu containing solders and Ni substrates and Ni₃Sn₄ intermetallic was formed in the Sn-Ag solder/Ni interface. The thickness of intermetallic phase increased with the reflow times and Cu concentration in solder.

Key words: Lead-free solder, Sn-Ag-Cu, IMC, Ni, Barrier metal

1. 서 론

현재까지는 Pb-Sn계 공정 솔더가 용접, 접합성, 가격 등과 작업성이 양호한 이유로 전자기기 실장에 사용되어 왔다. 그러나, 최근 이러한 솔더 및 전자 부품 등에 함유되어 있는 납(Pb)의 유독성으로 인해 납을 함유하지 않은 무연솔더에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^{1,3)} 솔더로서 적합한 용접, 기계적 특성 등을 고려하여 연구 진행중인 솔더합금의 종류를 보면 Sn-3.5Ag(wt%), Sn-3.5Ag-0.7Cu, Sn-3.5Ag-4.8Bi, Sn-0.7Cu, Sn-5Sb, Sn-20In-3Ag, Sn-8Zn-3Bi 등의 합금이 있다. 이 중에서 Sn-Ag 솔더에 소량의 Cu를 함유

한 Sn-Ag-Cu 솔더가 Pb-Sn 솔더를 대체 할 적합한 솔더로 주목되고 있다. 그 이유로는 Sn-Ag-Cu 솔더는 젖음특성 및 접합강도가 우수하며 피로 특성이 우수하기 때문이다.⁴⁾ 그리고 Sn-Ag 솔더에 Cu를 함유함으로써 Cu의 금속층과 솔더가 직접 접합하고 있는 경우 금속층의 Cu가 솔더 내부로 확산되는 것을 어느 정도 방지해준다.⁴⁾

솔더의 신뢰성에 가장 영향을 미치는 것은 금속간 화합물의 형태와 두께이며 금속간화합물은 기본적으로 솔더의 조성에 따라 각기 다른 종의 화합물을 형성한다.⁵⁾ 솔더링 초기에 형성되는 금속간화합물은 젖음특성과 솔더링성에 많은 영향을 미친다. 솔더링시

생성된 금속간화합물의 과도한 성장은 솔더 접합부의 수명을 단축시킬 수 있다. 이와 같은 이유로 솔더와 금속층 사이에 생성된 금속간화합물에 대하여 많은 연구가 진행되고 있다. 최근 연구되기 시작한 Sn-Ag계 솔더에서는⁵⁻¹⁰⁾ Sn-Ag-Cu 솔더와 Cu의 반응에 의해서는 Cu_6Sn_5 가, Sn-Ag 솔더와 Ni의 반응에서는 Ni_3Sn_4 가 생성된다고 알려지고 있으며 Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni 사이의 반응에 대한 결과가 일부 발표되고 있는데 이 결과에 의하면 Ni-Cu-Sn 세가지 조성의 금속간 화합물이 생성된다고 한다. Kang의 연구¹⁰⁾에 의하면 Sn-Ag-Cu의 솔더와 Ni사이에서 생성된 금속간 화합물이 두개의 층으로 이루어져 있으며 솔더쪽에 가까운 층은 Cu가 좀 더 많은 함량이 함유되어 있는 층으로 보여지며 Ni foil에 가까운 층은 Ni이 함량이 많은 층으로 이루어져 있는 것으로 보인다고 보고하고 있다.

본 논문에서는 현장에서 제작한 실제 BGA-type 시편의 Sn-Ag-(Cu)솔더와 UBM사이에서 형성된 금속간 화합물을 분석하고자 하였다. 본실험에서 사용한 *flex*BGA 패키지는 BGA 패키지를 개선한 것으로 휴대전화, 디스크드라이버, 디지털카메라 등과 같은 제품에 사용을 위하여 Amkor에서 개발한 제품이다. 금속간화합물의 정확한 상분석을 위하여 SEM, EDS 분석과 X-ray mapping 뿐만 아니라 XRD 분석도 실시하였다. 또한, 솔더에 함유되어있는 Cu가 금속간화합물의 성장에 미치는 영향을 분석하기 위하여 솔더내 Cu의 함량을 다르게 하여 Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni간의 반응으로 인하여 생성된 금속간화합물 두개의 변화를 분석하였다.

2. 실험방법

*flex*BGA[®](Amkor)시편의 솔더 조성은 Sn-4.0Ag-0.5Cu와 Sn-3.5Ag이며 *flex*BGA 시편의 Under Bump Metallurgy (UBM)는 Cu/polyimide(PI) tape 위에 전해도금으로 입혀진 Au(max 1.0 μ m)/Ni(1.5 μ m) 금속층으로 이루어져 있다. 리플로는 240°C에서 1, 3, 5회 실시하였다. 금속간화합물 형상을 관찰하기 위하여 10% HNO_3 +90% H_2O 용액을 사용하여 솔더만을 선택적으로 에칭을 실시한 후 평면 형상을 SEM으로 분석하였다. SEM으로 솔더계면의 단면을 분석하기 위하여 cold mounting epoxy로 mounting 후 sand paper를 #100에서부터 #2000까지 순서대로 연마한 후에 Al_2O_3 를 사용하여 미세연마를 실시하였다. 좀더 정확한 금속간화합물의 상 분석을 위하여 XRD분석을 시

도하였다. 그러나 *flex*BGA 시편은 단위 면적 당 솔더볼의 개수가 적기 때문에 전체적으로 생성된 금속간화합물의 면적도 작아서 충분한 XRD의 신호를 얻을 수가 없었다. 그래서 단위면적 당 솔더볼을 좀더 많은 양을 반응시키기 위하여 Ni foil에 조밀하게 솔더볼을 올린 후 *flex*BGA 동일한 조건으로 리플로하여 솔더볼과 Ni foil 사이 계면에 생성된 금속간화합물을 XRD 분석을 실시하였다. 산화방지막인 Au를 입히는 대신 Ni foil의 전처리로 HF용액을 사용하여 산화막을 제거하였으며 아세톤과 메탄올을 사용하여 표면 청정처리를 하였다. 계면에 생성된 금속간화합물을 XRD로 분석을 하기 위하여 솔더만을 선택적으로 에칭하였으며 사용한 용액은 10% HNO_3 + 90% H_2O 이다. 솔더내의 Cu의 함량에 따른 금속간화합물을 분석하기 위하여 순도 99.99%의 Sn과 99.9%의 Ag와 Cu를 진공상태에서 아크(arc)로 녹여 솔더를 제작하였다. 제작한 솔더의 조성은 유도결합플라즈마(ICP)로 분석한 결과 Cu의 함량이 각각 0.36%, 0.50%, 0.75%, 1.06%로 분석되었다. 이와 같이 제작한 솔더를 Ni-foil위에 올려놓은 후 240°C에서 1, 5회 리플로하여 시편을 제작하였으며 생성된 금속간화합물을 분석하기 위하여 단면을 SEM으로 분석을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 솔더와 금속층간의 반응으로 인하여 형성된 금속간화합물의 분석

Fig. 1은 *flex*BGA의 시편의 솔더볼을 전체적으로 보여주는 단면 SEM사진이다. SEM 사진이 보여주듯이 *flex*BGA 시편은 PI tape과 금속층과 솔더 등으로 이루어져 있다. Fig. 2와 3은 *flex*BGA 패키지에서

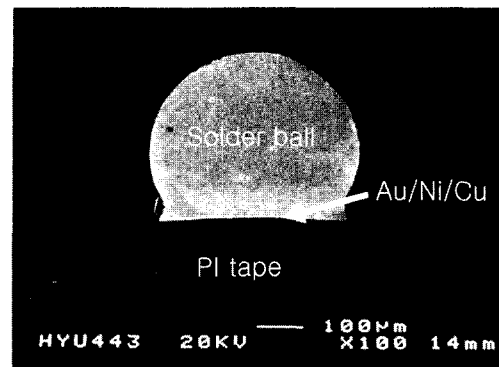


Fig. 1. Cross-sectional SEM image of *flex*BGA.

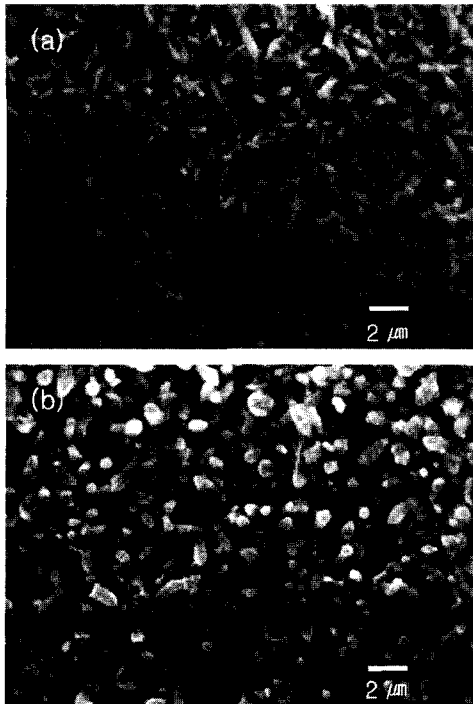


Fig. 2. SEM images of intermetallic morphologies between Sn-4.0Ag-0.5Cu solder and Ni/Cu layer (a) after the 1st reflow (b) after the 5th reflow.

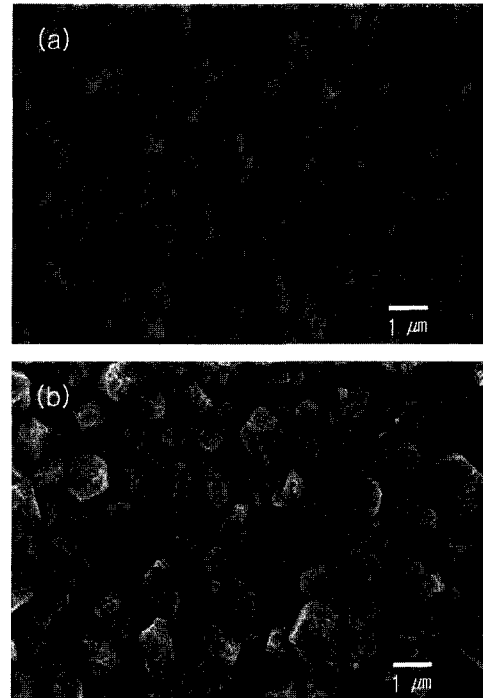


Fig. 3. SEM images of intermetallic morphologies between Sn-3.5Ag solder bumps and Ni/Cu layer (a) after the 1st reflow (b) after the 5th reflow.

솔더만을 선택적으로 에칭한 후에 금속간화합물의 조직을 평면으로 본 SEM 사진이다. Fig. 2는 Sn-Ag-Cu 솔더와 금속층간의 반응으로 인하여 생성된 조직인데 계면에서 침상모양의 금속간화합물이 형성된 것을 볼 수 있으며 리플로함에 따라 침상모양의 금속간화합물이 성장하였음을 알 수 있다. Fig. 3은 Cu를 함유하지 않은 Sn-Ag 솔더와 금속층간의 반응으로 형성된 금속간화합물의 조직을 보여준다. 1회 리플로인 경우에는 금속간화합물이 기둥형태의 모양으로 형성하였음을 볼 수 있으며 리플로 회수를 증가시킨 5회인 경우에는 기둥모양의 금속간화합물이 좀더 각이 지고 조대해진 것을 볼 수 있다.

Fig. 4와 5는 *flexBGA* 시편을 리플로 1, 5회 실시하여 단면을 SEM으로 분석한 사진이며 계면에 생성된 금속간 화합물이 리플로 회수에 따라 두께가 증가함을 확인 할 수 있다. EDS 분석결과 솔더내에서 Ag_3Sn 금속간화합물이 분석되었으며 UBM을 구성하고있는 Au 층은 리플로를 실시한 후에는 계면에서 분석되지 않았다. Ni 층과 솔더 사이의 얇은 Au층은 솔더내로 급속히 확산되어⁵⁾ 계면에 존재하지 않았으며 따라서, 솔더는 Ni 층과 반응하여 금속간화합물을

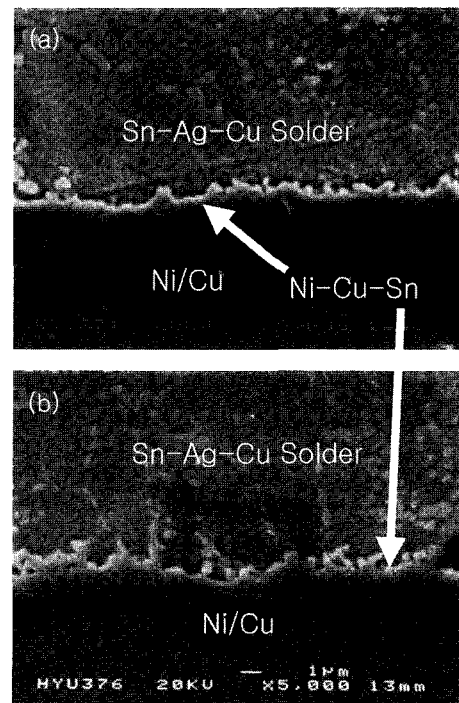


Fig. 4. Cross-sectional SEM images of Sn-4.0Ag-0.5Cu solder on Au/Ni/Cu (a) after the 1st reflow (b) after the 5th reflow.

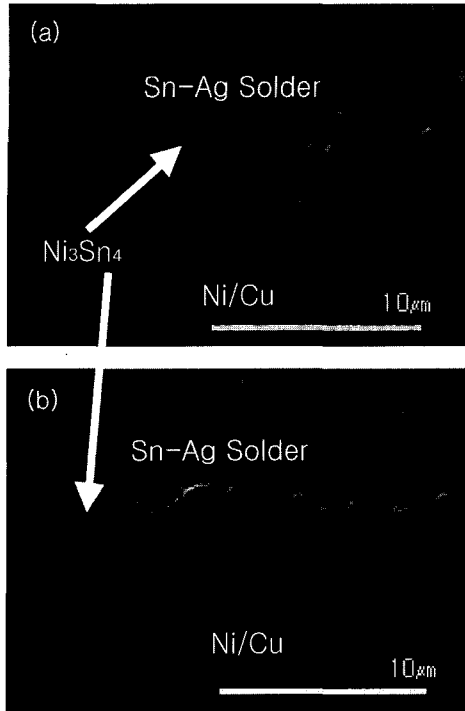


Fig. 5. Cross-sectional SEM images of Sn-3.5Ag solder on Au/Ni/Cu (a) after the 1st reflow (b) after the 5th reflow.

형성하였다. Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni/Cu 계면에 형성된 금속간화합물의 조성은 EDS 분석결과 Cu+Ni이 약 55.5 at%로 분석되었으며 Sn은 약 45.5 at%로 분석되었다. Cu+Ni과 Sn의 비율을 계산해보면 거의 1.2:1배에 가깝다. 따라서 금속간화합물은 $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ 로 예상되어지며 리플로시 Cu가 확산되어 Cu를 함유한 금속간화합물을 형성한다는 것을 알 수 있다.⁷⁾ Fig. 5는 Sn-3.5Ag 솔더와 Au/Ni/Cu UBM으로 이루어진 시편의 단면 SEM 사진이며 금속간화합물의 성분은 EDS분석결과 Ni_3Sn_4 로 분석되었다. 리플로 과정에서 Sn-Ag-Cu 솔더의 경우와 같이 계면의 Au는 리플로시 솔더 내부로 확산되며 Ni_3Sn_4 는 솔더와 Ni의 반응에 의해 생성되는 것으로 보인다. Sn-Ag 솔더의 경우 계면에 생성된 금속간화합물을 EDS로 분석한 결과 리플로 회수에 관계없이 Cu 조성이 검출되지 않았다. 이 결과로 미루어 보아 UBM의 Cu는 Ni층을 지나 솔더 내부로 확산하지 않았음을 예상할 수 있다. Fig. 6-9는 Sn-Ag(-Cu) 솔더와 Ni 층 계면 사이에 원소의 분포를 X-ray mapping으로 분석한 사진이다. Fig. 6과 7에서는 Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni층 사이와 Ni층 아래에서 Cu의 신호가 검출되었다. Ni층 내

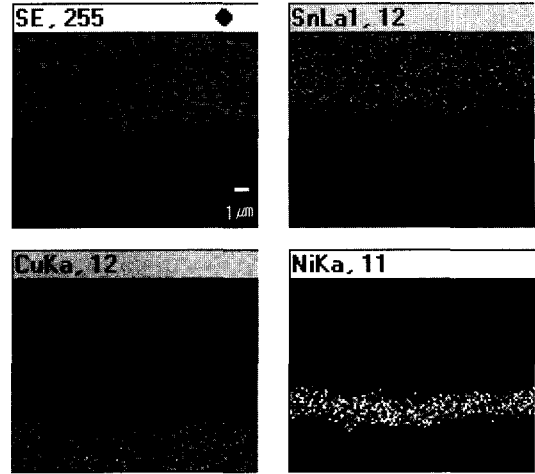


Fig. 6. X-ray mapping of the Sn-4.0Ag-0.5Cu solder on Au/Ni/Cu after the 1st reflow.

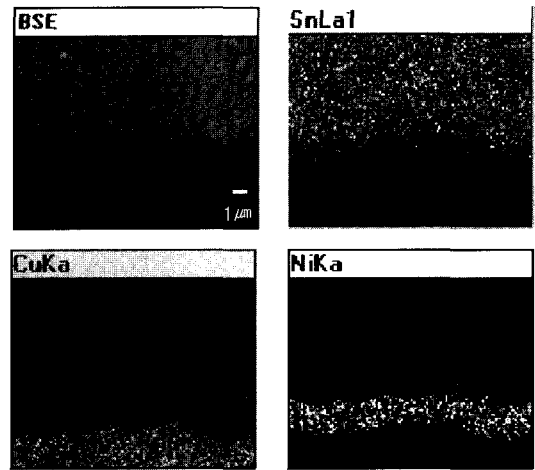


Fig. 7. X-ray mapping of the Sn-4.0Ag-0.5Cu solder on Au/Ni/Cu after the 5th reflow.

에서의 Cu 신호는 background 정도의 약한 신호만 검출되었다. Ni층 밑은 본래 Cu층이 존재하여 Cu의 신호가 검출되는 것으로 보이며 Ni층 위쪽은 금속간화합물에서 존재하는 Cu에서 신호가 검출되는 것으로 예상되어진다. 리플로 회수가 증가함에도 불구하고 Ni층 내에 Cu 신호의 세기는 변화가 없으며 Ni층 위의 Cu의 신호는 리플로 회수에 따라 더 넓게 분포하는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 금속간화합물의 두께와 Cu의 성분 사이에는 어떤 상관관계가 있음을 알 수 있다. 그러나 Fig. 8과 9에서 알 수 있듯이 Sn-Ag 솔더의 경우 Ni층 아래에 존재하는 Cu층에서만 Cu의 신호가 검출되었으며 Ni층과 솔더의

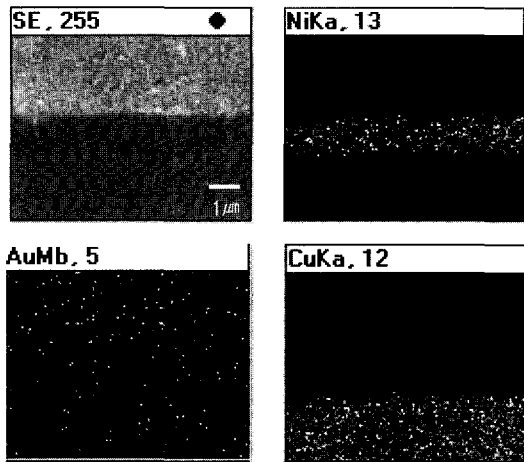


Fig. 8. X-ray mapping of the Sn-3.5Ag solder on Au/Ni/Cu after the 1st reflow.

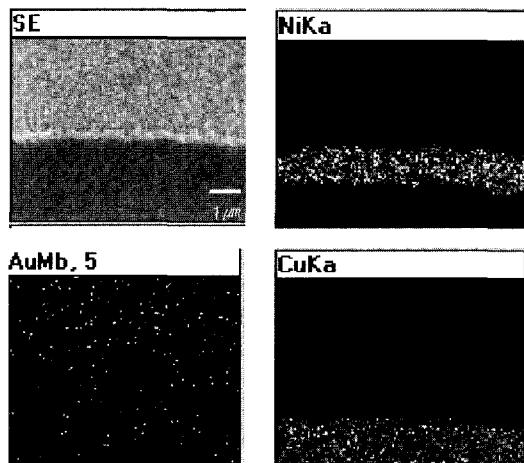


Fig. 9. X-ray mapping of the Sn-3.5Ag solder on Au/Ni/Cu after the 5th reflow.

계면에서는 Cu의 신호가 검출되지 않았다. 즉, Cu의 편석 현상은 솔더내의 Cu가 솔더와 금속층간 계면으로 확산되어 금속간화합물을 형성함을 알 수 있다. 그리고 Fig. 8과 Fig. 9에서 Ni 원자의 X-ray mapping 결과를 비교해보면 리플로 1회보다 5회인 경우가 Ni층의 두께가 증가한 것으로 보여진다. 즉, Ni-Sn간의 금속간화합물 형성은 Ni와 Sn은 계면에서 상호확산으로 인해 성장하므로 리플로 회수에 따라 Ni의 분포의 폭이 증가하는 것으로 보여진다. Fig. 8과 9에서 보여지듯이 Au의 신호가 리플로의 회수에 관계없이 솔더내의 전반적인 부분에서 검출되었는데 UBM에 존재하는 Au층이 솔더내로 급속히 확산되었

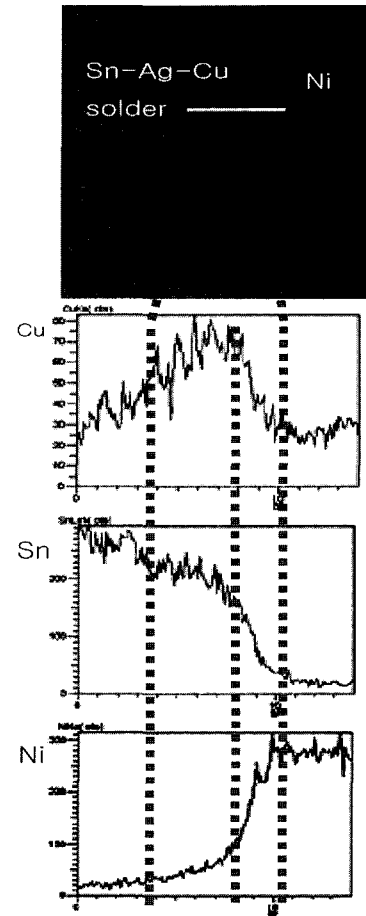


Fig. 10. Line profile between Sn-4.0Ag-0.5Cu solder and Au/Ni/Cu after the 5th reflow.

기 때문으로 보인다.

솔더와 Ni사이 계면에 생성된 금속간화합물의 영역을 line Scanning한 결과는 Fig. 10과 같다. line profile과 같이 솔더 부근에서 Ni층에 가까워질수록 Sn의 신호의 세기는 감소하며 Ni의 신호세기는 증가한다. Cu의 신호의 세기는 금속간화합물의 영역에서 가장 크다. 이런 현상은 Cu의 솔더와 금속층간 계면으로의 확산과 Ni의 Sn과의 반응으로 인한 금속간화합물이 형성함으로 인해서 솔더와 금속층간의 반응 초기에 솔더내의 많은 Sn이 함량이 적은 Cu보다 먼저 Ni와 접촉하여 Ni-Sn의 금속간화합물을 형성하며 차츰 Cu가 계면으로 확산해가며 (Cu,Ni)₆Sn₅의 금속간 화합물이 형성되는 것으로 예상된다. 따라서 금속간화합물은 솔더 쪽에 근접한 영역은 Cu의 함량이 많은 영역으로 이루어져 있으며 Ni 층 쪽에 근접한 금속간화합물의 영역은 Ni 함량이 많은 영역이 존재

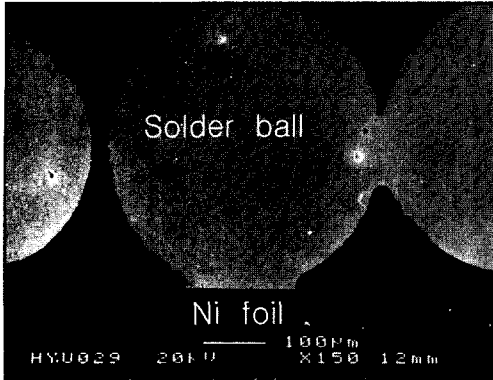


Fig. 11. Cross-sectional SEM image of solder ball on Ni foil.

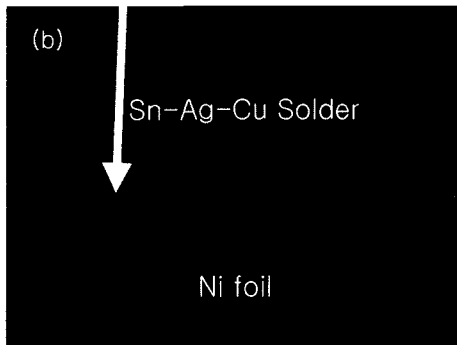
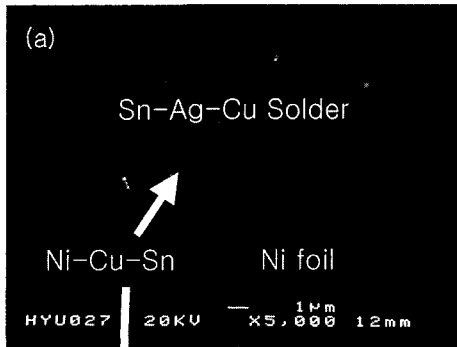


Fig. 12. Cross-sectional SEM images of Sn- 4.0Ag-0.5Cu solder bumps on Ni foil (a) after the 1st reflow (b) after the 5th reflow.

할 것으로 예상된다.

Fig. 11은 *flexBGA* 시편을 모방하여 Ni foil과 솔더를 반응시켜 제작한 시편의 단면SEM 사진이다. Fig. 11을 보면 실제 *flexBGA* 시편에(Fig. 1) 비해 솔더볼이 Ni foil위에 단위면적 당 솔더가 조밀하게 실장되어 있다. Fig. 12와 13은 솔더볼과 Ni foil 사이

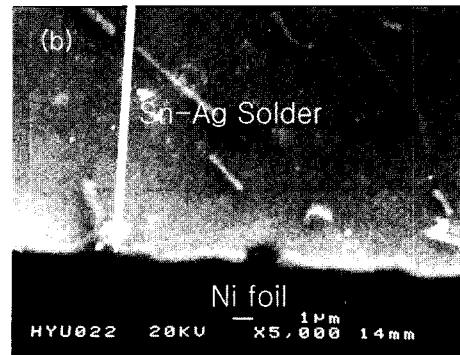
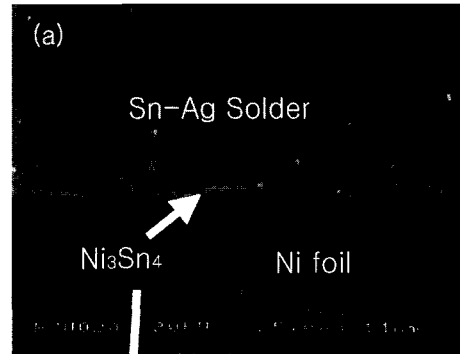


Fig. 13. Cross-sectional SEM images of Sn-3.5Ag solder bumps on Ni foil (a) after the 1st reflow (b) after the 5th reflow.

의 계면을 확대하여 본 SEM사진이다. 이 경우도 역시 리플로에 따라 금속간화합물이 성장함을 알 수 있다. Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni foil의 반응에 의해 생성된 금속간화합물도 *flexBGA* 과 같이(Cu,Ni)₆Sn₅ 임이 EDS 분석으로 판명되었으며 Sn-Ag인 경우도 계면에 생성된 금속간화합물은 Ni₃Sn₄로 분석되었다. Fig. 14와 15는 Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni foil 사이의 계면에 대한 X-ray mapping한 사진으로 각 원소의 분포를 보여준다. Fig. 14와 Fig. 15를 비교해보면 SEM 사진에서 금속간화합물로 보이는 얇은 층이 리플로 회수에 따라 두꺼워지는 것을 볼 수 있으며 이 영역은 Cu가 편석되는 영역과 일치 하였다. 그리고 Ag의 편석현상은 솔더내에서 리플로 회수에 관계없이 발견되었다. 앞의 *flexBGA* 시편과는 달리 Ni층 밑에 Cu층이 없는 경우에서도 *flexBGA* 시편과 마찬가지로 Cu의 편석이 보이는 것으로 보아 Cu의 편석은 솔더 내부의 Cu가 솔더와 Ni 사이 계면으로 확산되어 형성되는 것으로 보여진다.

Fig. 16은 Ni foil위의 솔더를 에칭하여 제거한 후 XRD 분석을 실시하여 얻은 결과이다. Sn-Ag 솔더인

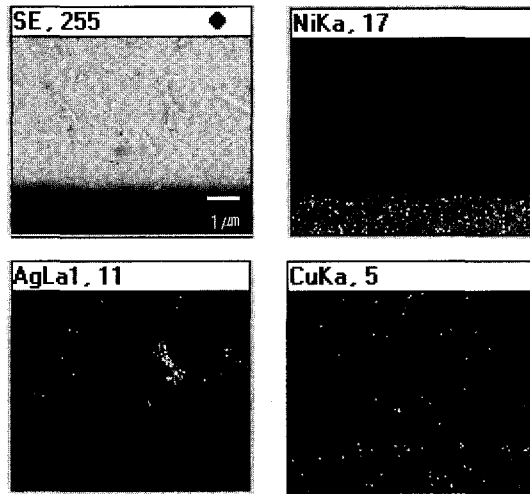


Fig. 14. X-ray mapping of the Sn-4.0Ag-0.5Cu solder bump on Ni after 1st reflow.

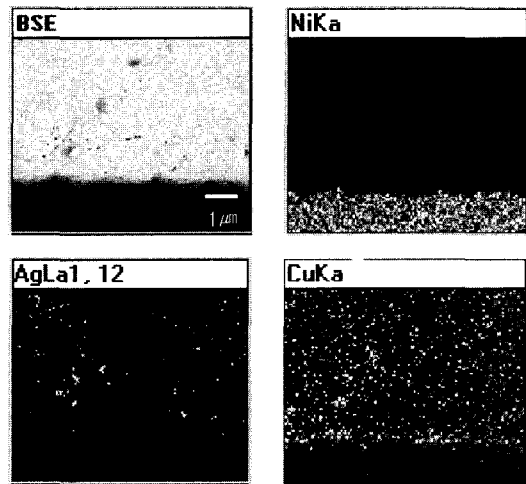


Fig. 15. X-ray mapping of the Sn-4.0Ag-0.5Cu solder bump on Ni after 5th reflow.

경우에는 앞의 EDS에서 얻은 결과와 같이 솔더내에 존재하는 Ag_3Sn 상과 솔더와 금속층간에 존재하는 Ni_3Sn_4 상이 분석되었다. 그리고 Sn-Ag-Cu 솔더인 경우에는 $\eta-Cu_6Sn_5$ 상이 분석되었다. 이 상은 Cu 원자와 Ni 원자가 서로 치환된 $(Cu,Ni)_6Sn_5$ 으로 예상된다. EDS에서는 분석되지 않은 Ni_3Sn_4 상이 관찰되었다. 이 결과는 앞의 line scanning한 결과와 같이 Cu의 함량과 Ni의 함량이 다른 두 개의 층이 존재함으로 인해서 Ni_3Sn_4 이 분석된 것으로 사료된다. 이와 같은 유사한 결과로 Nah는¹¹⁾ Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni이 반응

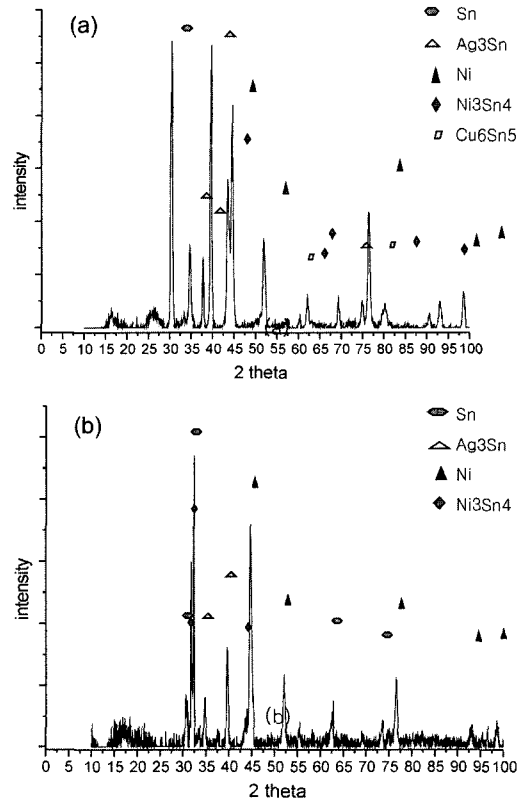


Fig. 16. The XRD patterns of the intermetallic after the 5th reflow (a) Sn-4.0Ag-0.5Cu solder/Ni foil (b) Sn-3.5 Ag solder/Ni foil.

Table 1. Summary of intermetallic thickness between solder and metal pad.

Specimen	1st reflow	3rd reflow	5th reflow
Sn-Ag-Cu/metal pad	0.89 μm	0.94 μm	1.33 μm
Sn-Ag-Cu/Ni foil	0.47 μm	-	0.99 μm
Sn-Ag/metal pad	0.70 μm	1.03 μm	1.66 μm
Sn-Ag/Ni fol	0.46 μm	-	0.75 μm

-: not measured

하여 생성된 금속간 화합물을 XRD로 분석한 결과 $(Cu,Ni)_3Sn_4$ 라고 보고되었다.

Table 1은 솔더와 Ni간의 반응으로 형성된 금속간 화합물의 두께를 종합하여 정리한 것이다. 금속층을 Au/Ni를 사용한 시편보다 Ni foil을 사용한 경우가 금속간화합물의 두께가 작은 것은 Ni foil 표면에 존재하는 산화막으로 인하여 솔더와 Ni foil 사이의 반

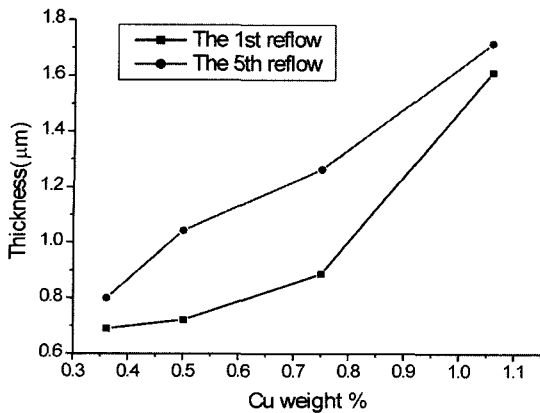


Fig. 17. Intermetallic growth in Sn-Ag-Cu solders with Cu concentration.

응에 방해가 되었기 때문으로 사료된다.

3.2. 솔더내 Cu 함량이 금속간화합물에 미치는 영향

위 실험결과를 종합해보면 금속간화합물의 형성은 솔더에 첨가된 Cu의 확산에 의한 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni간의 반응에서 솔더내의 Cu의 농도가 금속간화합물의 성장에 미치는 영향을 관찰하였다. Cu의 함량이 각각 다른 Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni foil 간의 반응을 분석하여 조사하였다. Fig. 17은 금속간화합물의 두께성장을 Cu 첨가량과 함께 나타낸 것이다. Fig. 17에서 알 수 있듯이 Cu의 함량과 리플로 회수가 증가함에 따라 금속간화합물의 두께가 증가하였다. Sn-Ag-Cu 솔더와 Ni의 반응으로 인해 계면에 생성되는 금속간화합물은 Sn-Cu-Ni의 세가지 조성으로 이루어져 있다는 것을 EDS 분석으로 확인하였다. 계면에 생성되는 금속간화합물의 성분에서는 Ag성분이 검출되지 않았으며 Ag성분은 계면에 생성된 금속간화합물의 성장에는 영향을 끼치지 않는 것으로 보인다. 즉, 솔더내의 Cu의 함량이 증가할수록 접합계면으로 점점 더 많은 Cu의 양이 확산함으로 인해서 금속간화합물의 두께가 증가하는 것으로 보인다. 위의 결과로부터 솔더내의 Cu는 금속간화합물의 성장에 아주 중요한 요소이므로 솔더내의 Cu의 양을 조절함으로 인해서 솔더 접합부의 신뢰성에 가장 많은 영향을 미치는 금속간화합물의 두께를 제어할 수 있으리라 판단된다.

4. 결 론

Sn-Ag-Cu 솔더와 Sn-Cu 솔더와 계면 사이에 생성

된 금속간화합물을 리플로 회수와 솔더내 Cu의 양에 따라 조성과 두께 등을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. Sn-4.0Ag-3.5Cu 솔더와 Au/Ni/Cu 금속층 사이의 계면에 생성된 금속간화합물은 EDS와 XRD 결과 (Cu,Ni)₆Sn₅으로 분석되었다. Sn-3.5Ag 솔더와 Au/Ni/Cu 금속층 사이에 생성된 금속간화합물은 Ni₃Sn₄로 분석되었으며 계면에 생성된 금속간화합물의 두께는 리플로회수에 따라 증가하였다.
2. 계면의 Cu 편석은 Ni층 아래에 존재하는 Cu층에서 확산된 것이 아니라 솔더 내부에서 계면쪽으로 Cu가 확산되었다는 것을 X-ray mapping 결과 확인하였다.
3. 솔더내 Cu의 함량에 따른 금속화합물의 두께를 분석한 결과 금속간화합물 두께는 솔더내의 Cu의 함량에 따라 증가하였다.

감사의 글

이 논문은 과학기술부의 국제공동 연구 사업 연구비 지원에 의해 작성되었으며 연구비 지원에 감사드립니다. 그리고 본 연구에 많은 도움을 주신 Amkor의 B. H. Hong과 K. R. Park, U. C. Berkeley의 H. G. Song과 J. W. Morris, Jr 교수님 그리고 마지막으로 KIST의 홍경태 박사님께 감사드립니다.

참고문헌

1. Mulugeta Abteu and Guna Selvaduray, "Lead-free solders in Microelectronics". *Materials Science and Engineering*, 27(2000) pp. 95-141.
2. Mi-Jin Kim, Moon-Il Kim and Ju-Pil Jung, "Lead-Free Solder on the Electronics". *Journal of the Microelectronics & Packaging Society*, Vol. 7(2000), No. 4, pp. 49-56.
3. 이호영, "Lead-Free Solder Alloys", *Packaging Research Center/School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology, U.S.A*
4. Young Eui Shin, Suk Lee, Kozo Fujimoto and Jong Min Kim, "Characteristic of Intermetallic Compound for Aging of Lead Free Solder Applied to 48 μBGA", *Journal of the Microelectronics & Packaging Society*, Vol. 8(2001), No. 3, pp. 37-42.
5. C. M. Liu, C. E. Ho, W. T. Chen and C. R. Kao, "Reflow Soldering and Isothermal Solid-state Aging of Sn-Ag Eutectic Solder on Au/Ni Surface Finish". MD thesis, National Central Univ, Taiwan.

6. Won Kyoung Choi and Hyuck Mo Lee, "Interfacial Reaction of Sn-3.5wt%Ag Solder Alloy With a Variance of Ni Layer Thickness", *J. Kor. Inst. Met. & Mater.* Vol. 37, No. 11(1999), PP 1416-1421.
7. K. Zeng, V. Vuorinen, and J. K. Kivilahti, "Intermetallic Reaction Between Lead-Free SnAgCu Solder and Ni(P)/Au Surface Finish on PWBs", 2001 Electronic Components and Technology Conference (IEEE), Orlando, FL USA, pp. 693-698.
8. Chang-Keun Shin and Joo-Youl Huh, "Effect of Cu-containing solders on the critical IMC thickness for the shear strength of BGA solder joints", 2000 Electronics packaging Technology Conference(IEEE), Orlando, FL USA, pp 406-411.
9. Dae-Woong Kang and Joo-Youl Huh, "Effects of Cu-additions on the Reaction Kinetics Between Sn-Based Solders and Cu substrate", *J. Kor. Inst. Met. & Mater.*, Vol. 38, No.1(2000), pp 180-186.
10. S. K. Kang, D. Y. Shih, K. Fogel, P. Lauro, M. J. Yim et al., "Interfacial Reaction Studies on Lead(Pb)-Free Solder Alloys", 2001 Electronic Components and Technology Conference (IEEE), Las Vegas, Nevada USA, pp. 448-454.
11. Jae-Woong Nah, Kyung W. Paik, Won-Hoe Kim and Ki-Rok Hur et al., "Study on Coined Solder Bump on Micro-Via PCBs". The 3rd International Symposium on Electronic Materials and Packaging 2001 (IEEE), Jeju Island, Korea. pp. 115-120.