

## 시효처리에 따른 Cu를 포함하는 Sn계 무연솔더와 백금층 사이의 금속간화합물 성장

김태현 · 김영호\*  
한양대학교 신소재공학부

### Intermetallic Compounds Growth in the Interface between Sn-based Solders and Pt During Aging

Tae-Hyun Kim and Young-Ho Kim\*

Department of Materials Engineering Hanyang University, Seoul, 133-791, Korea

**초 록:** 무연솔더 Sn0.7wt%Cu, Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu 솔더와 Pt층의 시효처리에 따른 계면반응에 대한 연구를 수행하였다. 250°C에서 30 초간 리플로한 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt시편과, 260°C에서 30 초간 리플로한 Sn0.7wt%Cu/Pt 시편을 이용하여 125, 150, 170°C에서 25-121 시간 동안 시효처리 하였다. 시효처리 온도와 시간에 따른 계면 금속간화합물의 두께 및 형상변화를 주사전자현미경 (scanning electron microscopy, SEM), energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS) 및 x-ray diffractometry (XRD) 를 이용하여 분석하였다. 분석 결과 계면에서 PtSn<sub>4</sub>, PtSn<sub>2</sub>가 발견되었고, 이런 금속간화합물 성장은 확산에 의해 지배됨을 발견하였다. 시효처리 온도와 시간에 따른 금속간화합물의 두께 변화를 이용하여 각 솔더에서의 계면 금속간화합물의 생성 활성화 에너지를 구해본 결과 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt는 145.3 kJ/mol, Sn0.7wt%Cu/Pt는 165.1 kJ/mol의 값을 가지고 있었다.

**Abstract:** Interfacial reaction of Pb-free Sn0.7wt%Cu and Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu solders and Pt during aging has been investigated. After the Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt specimens were reflowed at 250°C for 30s and the Sn0.7wt%Cu/Pt specimens were reflowed at 260°C, the specimens were aged at 125°C, 150°C and 170°C for 25-121 hours. The intermetallic thickness and morphology change during aging were characterized using SEM, EDS and XRD. PtSn<sub>4</sub> and PtSn<sub>2</sub> were observed in the solder/Pt interface and the intermetallic formation was governed by diffusion. The activation energy of intermetallic formation was 145.3 kJ/mol for Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt specimens for Sn0.7wt%Cu/Pt specimens from the measurement of the intermetallic thickness with aging temperature and time.

**Keywords:** Pt-Sn intermetallic compound, aging, activation energy

### 1. 서 론

전자제품의 발전방향이 고성능, 소형화 및 이동성을 강조하는 방향으로 발전함에 따라 패드 크기가 미세화 되고, 또한 환경에 대한 전세계적인 관심의 증가에 의해 각국에서 전자제품에서 Pb의 사용

을 금지하기 위한 많은 규제들이 등장하고 있다.<sup>1,2)</sup> 이러한 변화에 의해 종전까지 솔더의 주재료로 사용되어 오던 Sn-Pb솔더를 대체할 새로운 많은 솔더재료들이 개발되었다. 그 중 Sn에 소량의 Ag 및 Cu를 첨가한 Sn-Ag-Cu 및 Sn-Cu솔더는 저가 및 뛰어난 기계적 특성으로 차세대 솔더재료로서 많

\*Corresponding author  
E-mail: kimyh@hanyang.ac.kr

은 주목을 받고 있다.<sup>2-7)</sup> 일반적으로 솔더링 후 접합부의 신뢰성은 솔더와 패드 사이에서 솔더링시 형성되는 금속간화합물에 많은 영향을 받는다.<sup>3,6)</sup> 따라서 계면신뢰성 확보를 위해 계면 금속간화합물의 정확한 상 및 생성메카니즘에 대한 분석은 필수적이다. Cu와 Ni은 현재 사용되는 금속패드층의 주 재료로서 특히 Cu는 전기적 특성이 뛰어나고, 솔더와의 젖음성이 좋으며, 저가라는 장점을 가지고 있고, Ni은 Sn과의 반응속도가 늦어 Cu층의 확산 방지층으로 많이 이용되고 있다.<sup>4,7)</sup> Pt 또한 금속층으로 사용 가능한 금속으로서 Sn과의 젖음성이 좋고, 산화속도가 늦고, 전기적 성질이 뛰어나며, 용해속도가 늦다는 장점들을 가지고 있어 반도체 및 전자제품에서 금속층으로 사용될 수 있는 특성을 가지고 있다.<sup>8-10)</sup> 현재까지 무연솔더와 Ni 및 Cu층과의 리플로 및 시효처리에 따른 계면 금속간화합물의 생성 및 성장메카니즘에 대한 연구는 많이 이루어져 왔지만 Sn-Cu와 Sn-Ag-Cu 솔더와 Pt사이의 반응은 리플로한 경우만 최근에 발표되었다.<sup>11)</sup> 이 결과에 의하면 Cu를 포함하는 무연솔더와 Pt층 사이에 PtSn<sub>4</sub>가 생성되었으며 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>계 금속간화합물은 발견되지 않았다. 하지만 시효처리에 따른 Pt층과 무연솔더사이의 계면 반응에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 Sn0.7wt%Cu 및 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu 솔더와 Pt층의 시효처리에 따른 금속간화합물 성장에 대한 연구를 수행하였다.

## 2. 실험방법

본 실험에서는 솔더로 Sn0.7wt%Cu 및 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu를 사용하였다. Sn0.7wt%Cu솔더는 중량비로 99.99% 순도의 Sn과 Cu를 혼합 후 석영관에 넣어 진공으로 만든 후 1000°C이상에서 장시간 유지하여 제조하였다. Sn-Ag-Cu솔더는 Indium사(미국)에서 구입한 3.8wt%Ag0.7wt%Cu솔더 페

이스트를 이용하였다. 하부금속층은 Si wafer 위에 접합층으로 Ti를 50 nm, 반응층으로 Pt를 500 nm 증착하여 형성하였다. Sn0.7wt%Cu솔더시편은 Pt층 위에 플럭스를 도포 한 Pt를 260°C로 유지한 도가니노에서 용융시킨 액상 솔더에 넣어 30 초간 반응시켰다. Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu 솔더시편은 Pt층에 솔더 페이스트를 얇게 도포한 후 열판을 이용하여 250°C에서 30 초간 반응시켜 준비하였다.

이렇게 리플로가 끝난 시편을 일정한 온도로 유지되어 있는 오븐에 넣어서 시효처리를 하였다. 시효처리 온도는 125, 150, 170°C 세가지 온도에서 수행하였고 시효시간은 25 - 121 시간동안 수행하였다. 위와 같이 제조된 시편의 계면에서 금속간화합물의 생성여부와, 형상 관찰 및 정성분석을 위해 주사전자현미경 (Scanning electron microscopy, SEM)과 energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS)를 이용하였고, 계면에서 생성되는 금속간화합물의 정확한 상 분석을 위해 XRD 분석을 하였다. XRD 분석은 폴리싱을 통하여 솔더를 제거한 후 에칭용액(HCl : HNO<sub>3</sub> : DI Water = 1 : 7 : 8)과 초음파 세척기를 이용하여 잔존하는 솔더를 제거하여 계면에 존재하는 금속간화합물을 노출시킨 후 Rigaku사의 박막용 x-ray diffractometry (XRD)로 40 kV, 100 mA에서 분석하였다. 계면 금속간화합물의 성장거동 연구를 위해 반응시간에 따른 금속간화합물의 두께변화를 측정하였다. 정확한 측정을 위해 시편은 반응시간당 각각 3개를 만들었고, 한 시편에서 10장의 사진을 찍어 총 30장의 사진으로부터 이미지 분석기를 통해 단위 길이당 면적을 측정하여 두께의 평균값을 구하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 계면금속간화합물 상 분석

Fig. 1은 리플로 후 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu, Sn0.7wt%Cu솔더와 Pt계면의 단면 SEM 사진이다.

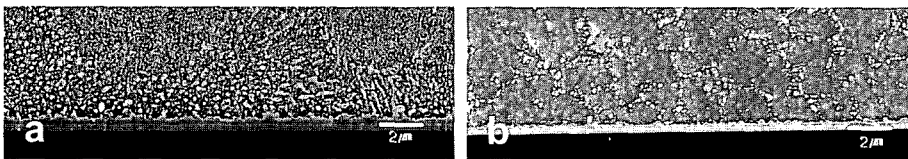
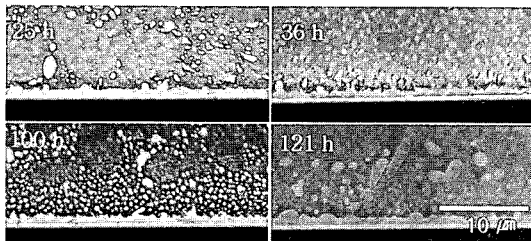


Fig. 1. SEM images showing the microstructure of Solder/Pt interfaces after reflow for 30 sec (a) Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt (b) Sn0.7wt%Cu/Pt.

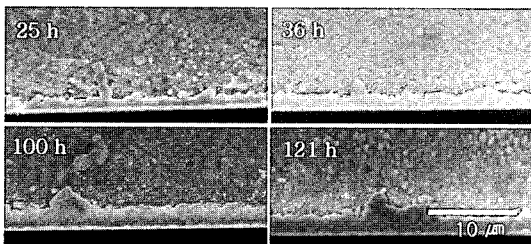
리플로 후 솔더와 Pt층의 계면에서 금속간화합물이 생성되었음을 확인할 수 있다. Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt의 계면 금속간화합물의 두께는 약 0.51  $\mu\text{m}$ , Sn0.7wt%Cu/Pt의 계면 금속간화합물의 두께는 약 0.47  $\mu\text{m}$ 로 측정되었고, 상 분석 결과 두 시편 모두에서 PtSn4로 판명되었다.<sup>11)</sup>

Fig. 2는 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu솔더와 Pt계면에서 시효처리 온도와 시간에 따른 금속간화합물의 두께 및 형태 변화를 SEM으로 관찰한 결과이다. 사진에서 확인할 수 있듯이 시효처리 온도 및 시간이 증가할수록 금속간화합물의 두께가 증가함을 알 수 있다. Fig. 3은 Sn0.7wt%Cu 솔더와 Pt계면에서 시효처리 온도와 시간에 따른 금속간화합물의 두께 및 형태 변화를 SEM으로 관찰한 사진

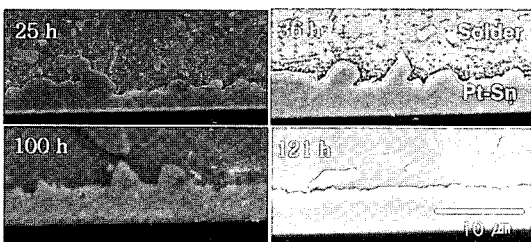
이다. 이 사진에서도 시효처리 온도와 시간에 따라 계면 금속간화합물의 두께가 증가함을 확인할 수 있다. 계면에서 형성된 금속간화합물들의 상을 backscattered electron (BSE) image와 EDS를 이용해 분석하였다. Fig. 4의 (a), (b)는 SnAgCu/Pt 계면의 SEM 사진인데 (a)는 secondary electron (SE) 사진이며 (b)는 같은 시편에서 다른 부분의 BSE 사진이다. (a)에서는 비교적 두꺼운 연속적인 상이 보이며 그 위에 돌출된 모양의 상이 보인다. (b)를 보면 Si 위에 가장 밝은 Pt층이 관찰되며 Pt층 위에 금속간화합물이 연속적으로 층을 이루면서 성장해 있는 것을 볼 수 있다. Pt와 계면 금속간화합물 계면은 상당히 평평하게 보인다. 그 위에 다소



(a)

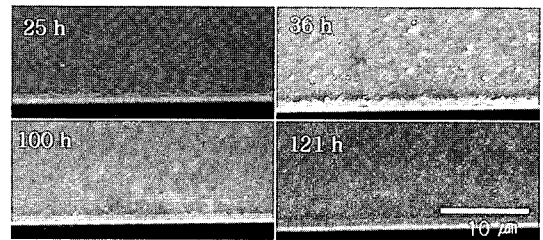


(b)

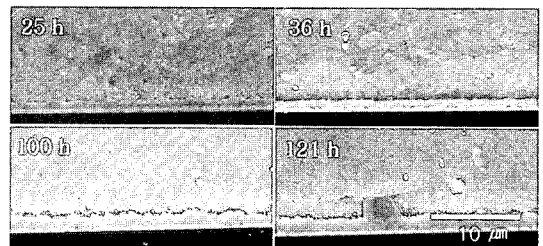


(c)

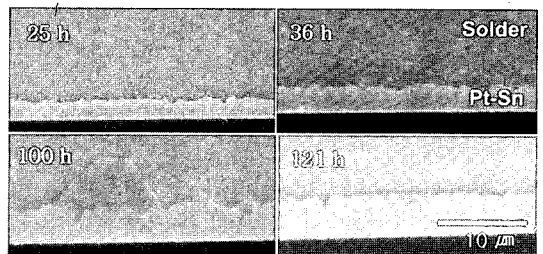
**Fig. 2.** SEM images showing interfacial intermetallic growth in the interfaces with aging temperature and time (a) aging temperature; 125°C (b) aging temperature; 150°C (c) aging temperature; 170°C.



(a)



(b)



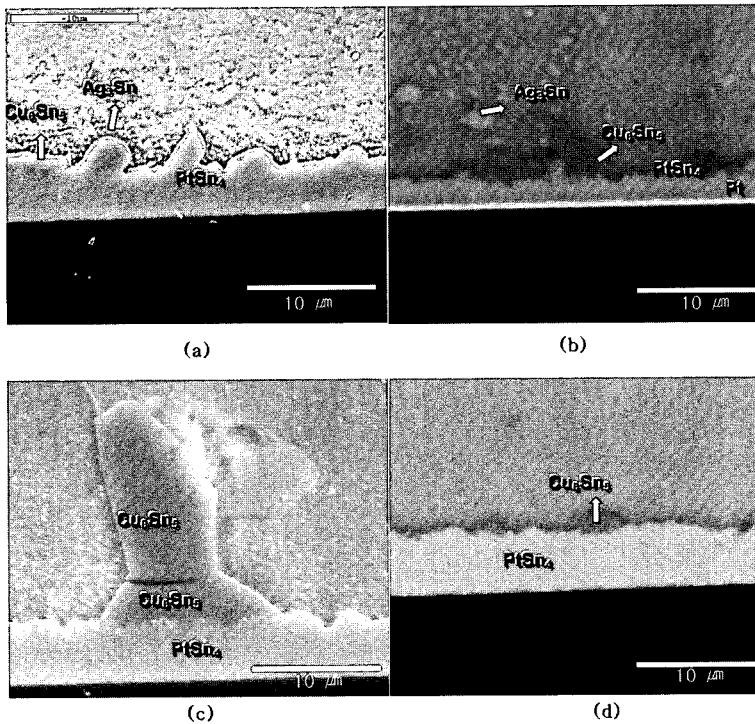
(c)

**Fig. 3.** SEM images showing interfacial intermetallic growth in the interface with aging temperature and time (a) aging temperature; 125°C (b) aging temperature; 150°C (c) aging temperature; 170°C.

어두운 상이 불규칙적으로 덩어리 모양으로 형성된 것을 볼 수 있다. 이것은 (a)의 돌출된 모양의 상과 형상이 같다. 솔더 내부에도 작은 금속간화합물이 가끔 관찰된다. 각 부분을 EDS를 이용하여 분석한 결과 Pt층 바로 위에 층상으로 존재하는 금속간화합물은  $PtSn_4$ 로 분석되었고  $PtSn_4$ 에 접해 있으면서 다소 약간 어두운 색을 띠는 금속간화합물은  $Cu_6Sn_5$ 로 분석되었으며 솔더 내부에 존재하는 금속간화합물은  $Ag_3Sn$ 으로 분석되었다. Fig. 4의 (c), (d)는 SnCu/Pt 계면의 단면 SEM 사진이다. (c)는 SE 사진인데 연속적인 상 위에 두개의 돌출된 결정립이 보인다. (d)는 BSE 사진으로 Pt-Sn 금속간화합물이 연속적으로 보이며 연속 층위에 돌출된 상이 띄엄띄엄 보이고 있다. EDS 분석에 의하면 연속적인 층은  $PtSn_4$ 에 가까운 상으로 보여지며 그 위의 돌출된 상은  $Cu_6Sn_5$ 로 분석되었다. (c)의 돌출된 두개의 결정립은 모두  $Cu_6Sn_5$ 상이었다. 두 시편 모두 계면에 층상으로 존재하는  $PtSn_4$  내에서는 Cu가 전혀 탐지되지 않았고  $PtSn_4$

에 접해 돌출된  $Cu_6Sn_5$  내에서도 Pt는 전혀 분석되지 않았다. 시효 전에는 계면에  $PtSn_4$ 상이 관찰되며  $Cu_6Sn_5$ 상은 솔더 내부에 불규칙적으로 미세하게 형성된다.<sup>11)</sup> Sn-1.7wt%Cu 같이 Cu가 상당량 함유하고 있는 솔더와 Pt계면에서  $Cu_6Sn_5$ 상이  $PtSn_4$  위에 발견되었는데<sup>11)</sup> 이 경우는  $Cu_6Sn_5$ 상이 계면에서 핵생성되어 성장한 것은 아니었다. 반면 본 시편에서는 시효 후  $Cu_6Sn_5$ 상의 일부가  $PtSn_4$  위에 성장한 것처럼 보인다. 시효 도중  $Cu_6Sn_5$ 상이 생성될 때 솔더 내에 독립적으로 생성되는 것보다  $PtSn_4$  계면에 생성되면 계면에너지를 줄일 수 있기 때문이다.

장시간의 시효처리를 통해 솔더에 미량 첨가된 Ag와 Cu가 Sn과 반응하여 형성된 금속간화합물들이 계면 금속간화합물 주위와 솔더내부에서 형성됨을 발견하였다. 장시간의 시효처리에 의해 계면에 생성된 금속간화합물이  $PtSn_4$  이외에도 다른 종류의 금속간화합물이 존재하는지에 대한 정확한 분석을 위해 XRD를 이용한 분석을 하였다. 시



**Fig. 4.** SEM images of interfacial intermetallics (a) Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt interface aged at 170°C for 25 hours, (b) Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt interface aged at 170°C for 121 hours, (c) Sn0.7wt%Cu interface aged at 170°C for 121 hours, (d) Sn0.7wt%Cu interface aged at 170°C for 121 hours.

편은 170°C에서 121 시간 동안 열처리한 시편을 기계적인 폴리싱과 화학적인 에칭법으로 솔더를 제거한 후 계면 금속간화합물을 노출시켜 분석하였다. 또한 에칭 깊이에 따른 계면방향으로의 금속간화합물의 성장을 분석하기 위해 에칭 정도를 조절하여 2차에 걸쳐 분석을 하였다. 2차 분석은 1차 분석 시편을 동일한 에칭액에서 다시 에칭시켜 분석하였다. 그 결과를 Fig. 5, 6에 나타내었다. Fig. 5 (a), (b)는 Sn0.7wt%Cu/Pt 시편의 XRD 분석 결과를 나타내고 있다. 1차 분석 결과 주 피크는 PtSn<sub>4</sub>로 분석이 되었으며 PtSn<sub>2</sub>와 Pt도 존재하는 것으로 보인다. 또한 잔존하는 솔더에 의한 Sn피크와 SEM 분석에서 계면 금속간화합물층 위에서 발견되었던 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>도 분석되었다. Fig. 5 (b)는 동일한 시편을 추가 에칭시켜 분석한 결과이다. 이 결과에서는 Sn과 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 피크를 확인할 수 없었는

데 이러한 결과는 계면 금속간화합물의 상부에 존재하던 Sn과 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>가 두번째 에칭에 의해 완전히 제거되었기 때문으로 생각된다. 또한 에칭에 의해 상부의 PtSn<sub>4</sub>가 일부 에칭 됨으로 인해 그 아래에 존재하는 Pt피크와 PtSn<sub>2</sub>피크가 1차분석에 비해서 더 강한 강도를 나타냄을 확인할 수 있었다.

Fig. 6 (a), (b)는 170°C에서 장시간 시효시킨 Sn 3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt 시편의 XRD분석결과를 나타내고 있다. (a)는 1차 에칭한 결과이고 (b)는 2차 에칭한 결과이다. 1차분석 결과 시효처리에 의해 조대하게 성장한 PtSn<sub>4</sub>가 주 피크로 분석되었고, Pt, Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, Sn, PtSn<sub>2</sub> 및 Ag<sub>3</sub>Sn피크 등이 분석되었다. 이 시편을 동일한 에칭액으로 더 에칭시키고 분석한 2차분석 결과를 그림 (b)에 나타내었다. 그림 (b)에서는 1차 분석에서 확인할 수 있었던 Sn과 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>피크는 발견되지 않았고 PtSn<sub>4</sub>,

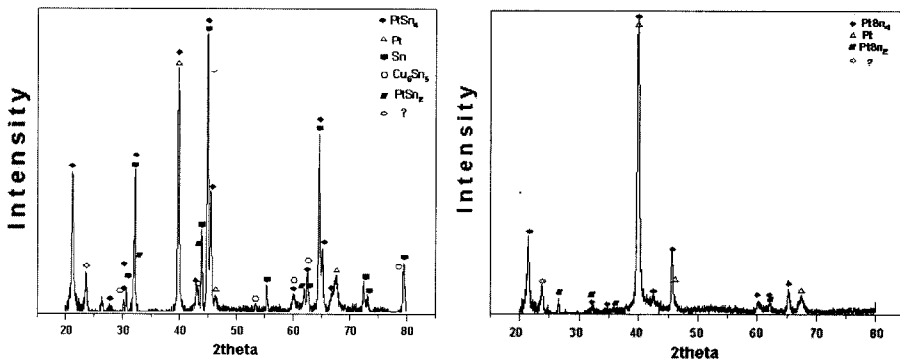


Fig. 5. XRD patterns showing intermetallics phases in Sn0.7wt%Cu/Pt interfaces after aging at 170°C for 121 hours (a) After first etching, (b) After second etching.

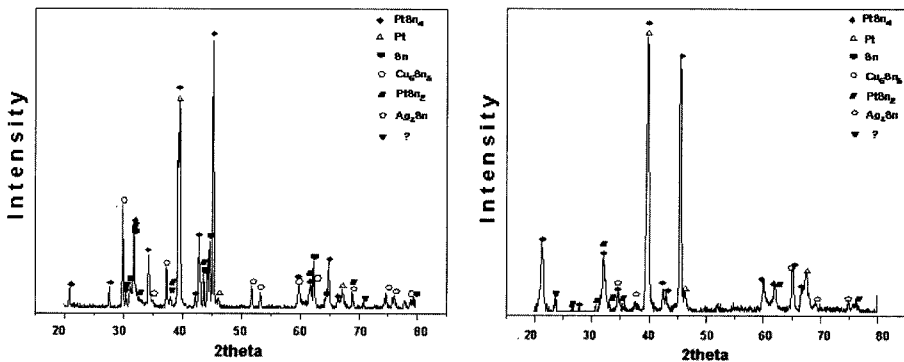


Fig. 6. XRD patterns showing intermetallics phases in Sn3.8Ag0.7wt%Cu/Pt interfaces after aging at 170°C for 121 hours (a) After first etching, (b) After second etching.

PtSn<sub>2</sub>, Ag<sub>3</sub>Sn 만이 발견되었다. 이러한 원인은 Fig. 5와 마찬가지로 추가 에칭에 의해 잔존하는 솔더 및 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>가 완전히 에칭되어서 나타난 결과로 생각 된다.

Sn-Ag-Cu 또는 Sn-Cu와 Ni 계면에서 생성되는 계면 금속간화합물은 Cu에 Ni이 고용되어 있는 (Cu,Ni)<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 형태가 발견되는데<sup>4-6)</sup> 반해 본 실험에서는 Pt-Sn로만 이루어진 금속간화합물이 계면에서 발견되었으며 Cu가 포함되어 있는 Pt-Sn금속간화합물은 발견되지 않았다. 이는 Cu와 Pt사이의 호환성때문으로 생각된다.<sup>11)</sup> 즉 Cu와 Ni은 완전 고용체를 이루는데 반해 Cu와 Pt는 서로 전기음성도, 원자반경의 차이가 크기 때문에 Pt에 Cu가 고용되기 힘들다. 그러므로 Sn과 Pt계면에서 속도론적으로 가장 형성되기 쉬운 PtSn<sub>4</sub>가 먼저 생성되고 그 다음 PtSn<sub>2</sub>가 생성될 것으로 사료된다.

3.2 계면금속간화합물의 성장 메카니즘 분석

일반적으로 시효처리에 의한 금속간화합물의 성장은 두 원소의 확산에 의존하게 되므로 다음과 같은 식으로 표현되어진다.<sup>12)</sup>

$$T = kt^n + B \tag{1}$$

위의 식 (1)에서 T는 금속간화합물의 두께를 나타내고 k는 반응상수, t는 시효처리 시간, n는 반

응지수, B는 초기(t=0) 금속간화합물의 두께를 나타낸다. 위의 식에서 실험적으로 구한 금속간화합물 두께와 시간을 이용해 반응지수(n)를 구하기 위해 식 (1)의 양변에 로그를 취하면 식 (2)와 같이 변경 할 수 있다.

$$\ln(T-B) = \ln k + n \ln t \tag{2}$$

위의 공식 (2)를 이용해서 반응온도와 시간에 따라 구한 반응상수를 Table 1에 나타내었다.

전체적으로 반응지수(n)가 0.4~0.5값을 나타내었으며 이러한 결과는 시효처리에 의한 계면금속간화합물의 성장이 반응원소의 확산에 의한 결과임을 잘 증명해 주고 있다.<sup>12)</sup> 만약 시효처리에 의한 금속간화합물의 성장이 확산법칙에 따른다면 계면금속간화합물의 성장은 반응시간의 제곱근과 두께 변화의 그래프에서 직선적인 변화를 나타낼 것이다.

$$T = kt^{0.5} + B \tag{3}$$

Fig. 7 (a), (b)는 반응시간의 제곱근에 따른 각 시효처리 온도에서의 계면 금속간화합물의 두께 변화를 나타내고 있는 그래프이다. 시간의 제곱근에 따른 계면 금속간화합물의 평균 두께는 약간의 오차는 있지만 전체적으로 직선적으로 증가하는 경

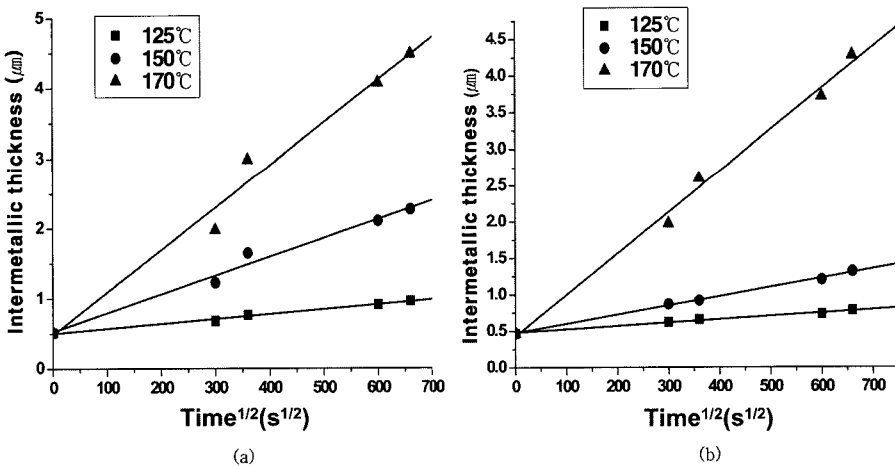
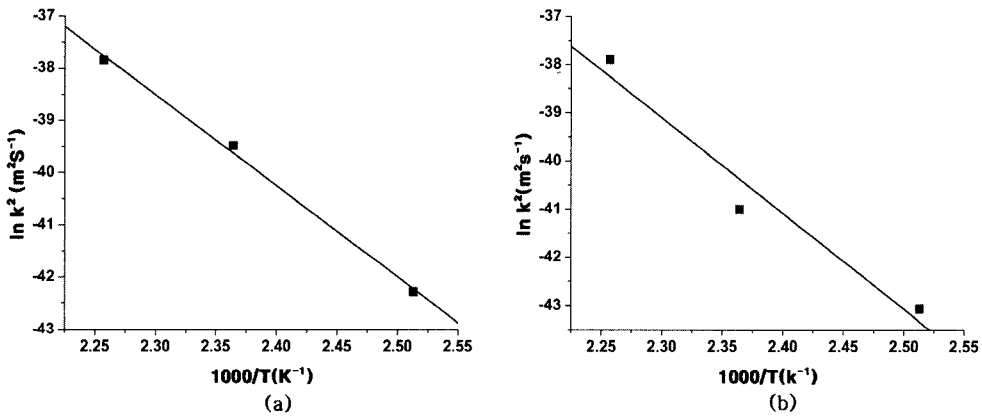


Fig. 7. Total thicknesses of versus square root of aging time at various aging temperatures (a) Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt interfacial intermetallics, (b) Sn0.7wt%Cu/Pt interfacial intermetallics.

**Table 1.** Empirical constants for the growth of the intermetallic layers during aging.

solder	Aging temperature (°C)	Time exponent (n)	k <sup>2</sup> (10 <sup>-19</sup> m <sup>2</sup> /s)
Sn3.8Ag0.7Cu	125	0.58	4.3
	150	0.51	71.3
	170	0.56	367.0
Sn0.7Cu	125	0.41	2.0
	150	0.48	15.6
	170	0.54	350.0



**Fig. 8.** Arrhenius plot for the growth of total intermetallic layers (a) Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu interfacial intermetallics, (b) Sn0.7wt%Cu interfacial intermetallics.

향을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 또한 시효 처리 온도가 높을수록 계면 금속간화합물의 성장 속도가 더 빠름을 확인할 수 있다. 위의 식 (3)에서 반응상수 k는 Fig. 7에서 각 그래프의 기울기임을 알 수 있다. Fig. 7에서 구한 시효처리 온도에 따른 전체 계면 금속간화합물들의 반응상수를 Table 1에 정리 하였다.

무연솔더 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu, Sn0.7wt%Cu와 Pt층의 계면반응에 의해 형성되는 전체 계면 금속간화합물의 성장 활성화 에너지를 구하기 위해 다음의 Arrhenius 공식을 이용하였다.

$$k^2 = k_0^2 \exp(-Q/RT) \tag{4}$$

위의 공식에서 k<sup>2</sup>은 반응상수의 제곱(m<sup>2</sup>/s)를 나타내고 k<sub>0</sub><sup>2</sup>은 frequency factor, Q는 활성화에너지, R는 기체상수(8.314 J/mol K) 그리고 T는 시효처리 온도를 나타낸다. 활성화에너지는 위의 식 (4)를 이용한 Arrhenius plot을 이용하여 구하였다.

Fig. 7 (a), (b)는 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu, Sn0.7wt%Cu 솔더와 Pt층의 전체 계면 금속간화합물 성장에 따른 Arrhenius plot을 나타내고 있다. 위의 분석 결과 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu/Pt 계면에서 전체 금속간화합물의 성장 활성화 에너지는 145.3 kJ/mol 이고 Sn0.7wt%Cu/Pt 계면에서 전체 금속간화합물의 성장 활성화 에너지는 165.1 kJ/mol로 계산되었다.

#### 4. 결 론

시효처리에 따른 무연솔더 Sn3.8wt%Ag0.7wt%Cu, Sn0.7wt%Cu와 Pt층의 계면반응에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 초기 리플로에 의해 계면에서 형성된 금속간화합물은 PtSn<sub>4</sub>단층이었으나 시효처리 후 PtSn<sub>4</sub>층 이외에 PtSn<sub>2</sub>도 형성됨을 발견하였다. 또한 시효처리를 통해 솔더에 미량 첨가된 Ag와 Cu에 의해 형성된 금속간화합

물들이 계면주위 및 계면 금속간화합물에 접해서 존재함을 발견하였고, 분석결과  $Ag_3Sn$ 과  $Cu_6Sn_5$ 임을 확인하였다. 또한 시효처리시간에 따른 계면 금속간화합물의 성장현상을 연구한 결과 금속간화합물 성장은 확산에 의해 지배됨을 발견하였고, 계면 금속간화합물의 성장 활성화 에너지는  $Sn3.8wt\%Ag0.7wt\%Cu/Pt$  계면에서는  $145.3 kJ/mol$ 을, 나타내었고,  $Sn0.7wt\%Cu/Pt$  계면에서는  $165.1kJ/mol$ 임을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 국제공동 연구사업 및 한국과학재단 전자패키지재료연구센터의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. N.-C. Lee, "Lead-Free Soldering and Low Alpha Solders for Wafer Level Interconnects", International Symposium on Microelectronics 2000 (IMAPS), pp. 541-549.
2. M. Abteu and G. Selvaduray, "Lead-free Solders in Microelectronics", Mater. Sci. Eng., 27, p. 95-141 (2000).
3. S. K. Kang and A. K. Sarkhel, "Lead (Pb)-Free Solders for Electronic Packaging", J. Electr. Mater., 23, 8, p. 701-706 (1994).
4. A. Zribi, A. Clark, L. Zavalij, P. Borgesen, and E. J. Cotts, "The Growth of Intermetallic Compounds at Sn-Ag-Cu Solder/Cu and Sn-Ag-Cu Solder/Ni Interfaces and the Associated Evolution of the Solder Microstructure", J. Electr. Mater., 30, 6, p. 1157-1164 (2001).
5. W. T. Chen, C. E. Ho, and C. R. Kao, "Effect of Cu concentration on the interfacial reactions between Ni and Sn-Cu solders", J. Mater. Res., 17, 2, p. 263-266 (2002).
6. S. T. Yang, Y. Chung, and Y.-H. Kim, "Intermetallic Formation between Sn-Ag based Solder Bump and Ni Pad in BGA Package", J. of the Microelectronics & Packaging Society, 9, 2, p. 1-9 (2002).
7. S. C. Hsu, S. J. Wang, and C. Y. Liu, "Effect of Cu Content on Interfacial Reactions between Sn(Cu) Alloys and Ni/Ti Thin-Film Metallization", J. Electr. Mater., 32, 11, p. 1214-1221 (2003).
8. B. Meagher, D. Schwarcz, and M. Ohring, "Compound growth in platinum/tin-lead solder diffusion couples", J. Mater. Sci., 31, p. 5479-5486 (1996).
9. W. G. Bader, "Dissolution of Au, Ag, Pb, Pt, Cu and Ni in a Molten Tin-Lead Solder", Welding Research Supplement, 12, p. 551-557 (1969).
10. J. F. Kuhmann, C. H. Chiang, P. Harde, F. Reier, W. Oesterle, I. Urban, and A. Klein, "Pt thin-film metallization for FC-bonding using SnPb60/40 solder bump metallurgy", Mater. Sci. Eng., p. 22-25, (1998).
11. T. H. Kim and Y.-H. Kim, "Sn-Ag-Cu and Sn-Cu Solders: Interfacial Reactions with Platinum", JOM, Vol. 56, 6, p. 45-49 (2004).
12. D. R. Frear, W. B. Jones, and K. R. Kinsman, "Solder Mechanics", Warrendale, PA : TMS, p. 55 (1991).