

금속표면처리

Journal of the Metal Finishing Society of Korea

Vol. 22, No. 4, Dec., 1989

〈연구논문〉

## 파형전류전해에 의한 Pb-Sn합금의 조성변화 및 균일전착력

예길춘 · 김용웅  
영남대학교 금속공학과

### The Change of Composition and the Throwing Power of Pb-Sn Alloy Electrodeposits in Pulse Plating

G.C YE and Y.U. Kim

Dept. of Metallurgical Eng. , Yeung Nam Univ, Taegu, KOREA

The Composition and throwing power of Pb-Sn alloy deposits are investigated in terms of the pulse parameters in pulse plating. Microhardness and internal stress of alloy deposits are also measured.

The current efficiency of pulse plating is lower than that of D.C. plating while cathode overpotential and macro-throwing power noticeably increase with increasing peak current density. The Pb content of P.C. plated alloy deposits which decreases with increasing average current density, is relatively lower than that of D.C. plated deposits at the same average current density. The internal stress of Pb-Sn alloy is not detected and the microhardness are  $9.0\text{kg/mm}^2$  and  $11\text{kg/mm}^2$  for D.C. plated and P.C. plated deposits, respectively.

#### 1. 서 론

60/40Pb-Sn합금은 저용점 공정합금으로써 뱀납성이 우수하여 PCB상에 활용되고 있으며 전착층의 균일한 조성조절과 균일 전착성의 향상등이 주요과제가 되고 있다.<sup>1)</sup> Pb-Sn합금은 정상형 전착합금으로써 합금의 조성 및 광택등을 조절하기 위해서 욱중의 금속농도, 전류밀도 및 첨가제 변화등 인자를 변화시키고 있다. Evans등<sup>1, 2, 3)</sup>은 전류밀도 및 액조성은 합금조성에 현저한 영향을 끼치며 온도 및 액교반은 그 효과가 적은 것으로 발표한 바 있다. 특히 낮은 금속농도와 높은 불불산 전해액을 사

용함으로써 균일한 합금조성 및 균일전착력을 얻을 수 있는 장점이 있다고 보고하였다.

Kohle등<sup>1, 2, 4)</sup>은 pepton 및 Triton X-100등 첨가제를 조절 첨가함으로써 광택성 있는 합금을 얻을 수 있음을 보고하였다. 또한 Rothschild<sup>5)</sup>는 전해조건의 변화에 따른 Pb-Sn합금의 조성, 음극전류 효율 및 균일전착성의 변화를 조사한 바 있다.

이상의 전류전해법(D.C. plating)에 의한 합금도금 이외에 최근에는 파형전류(Pulse current)전해법에 의하여 합금층의 특성향상을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다.<sup>6~11)</sup> Knodler<sup>11)</sup>등은 불불화옥

을 사용한 Pb-Sn합금에서 조성 및 전류효율에 미치는 파형인자(Pulse parameter)의 영향을 조사하였으며 파형인자가 기타 합금전착층의 조직특성에 미치는 영향에 대하여 많은 연구가 이루어졌다.<sup>6-10)</sup> 그러나 다양한 파형인자의 변화에 따른 Pb-Sn합금의 조성 및 조직특성에 대한 연구는 부족하며 직류 전해법의 경우와 비교 검토한 조사는 드문 단계이다. 따라서 본 연구에서는 파형인자의 변화에 따른 Pb-Sn합금의 음극전류효율, 과전압 및 균일전착성을 측정하고 합금조성의 변화를 조사하여 D.C.전해의 경우와 비교 검토함을 목적으로 하였다. 또한 합금조성의 변화에 따른 내부응력 및 미소경도(Knoop Hardness)의 변화를 조사하였다.

## 2. 실험 방법

Pb-Sn합금 전해시 사용한 전해액은 선행연구<sup>12)</sup>와 동일한 조성의 붕붕화물을 사용하였다.

Pulse plating시 전해조건은 Table. 1과 같이 평균전류밀도 및 최대전류밀도는 각각 1-5A/dm<sup>2</sup> 및 100-500A/dm<sup>2</sup> 범위에서 변화시켰으며 on-time은 0.01-1.0ms범위에서 변화시켰다. 또한 전해온도는

25°C 및 40°C로 하였으며 전해액은 500ml 용량을 사용하여 6개의 시편을 전해한 후 새로운 용액을 사용하였다.

음극으로는 한면에만 동박막이 붙어 있는 PCB를 3cm×6cm크기로 잘라 사용하였으며, 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>용액으로 산세한 후 15% HBF<sub>4</sub>로써 활성화 처리하였다. 양극은 각각의 순도가 99.98%인 주석과 납을 6대4의 무게비로 합금화 시킨 후 사용하였다. 전해액의 교반은 Rod Bar를 사용하여 일정한 속도(200rpm)로 행하였다.

합금의 조성분석, 음극전류효율, 과전압 및 균일전착성실험은 전보<sup>13)</sup>와 동일한 방법으로 행하였다.

전해조건에 따른 전착층의 내부응력은 Spiral Contractometer(YAMAMOTO사)를 사용하여 전해진행중에 torsional angle을 측정함으로써 조사하였다. 이때 음극판은 폭 및 두께 각각 10mm 및 0.2mm의 Heliy형대의 동판을 질소분위기에서 전류용격제처리(600°C)를 한 후 사용하였다.

또한 전착층의 미소경도는 전착층의 두께가 80μm인 시편을 사용하여 Knoop Hardness를 측정하였으며 조건당 3개 시편의 평균치를 취하였다. 이때 Load는 2g을 사용하였다.

Table. 1 Pulse Paramater of P.C. Electrolysis

| Ave. C.D.<br>A/dm <sup>2</sup> | Peak C.D.<br>A/dm <sup>2</sup> | on time          |       |      |         |  |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|------|---------|--|
|                                |                                | 1.0              | 0.1   | 0.01 | Duty cy |  |
|                                |                                | Pulse period(ms) | on(%) | off  | cle(%)  |  |
| 1.0                            | 100                            | 100              | 10    | 1.0  | 1.0     |  |
|                                | 300                            | 300              | 30    | 3    | 0.33    |  |
|                                | 500                            | 500              | 50    | 5    | 0.2     |  |
| 3.0                            | 100                            | 33.3             | 3.33  | 0.33 | 3.0     |  |
|                                | 300                            | 100              | 10    | 1.0  | 1.0     |  |
|                                | 500                            | 166.6            | 16.6  | 1.66 | 0.6     |  |
| 5.0                            | 100                            | 20               | 2.0   | 0.2  | 5.0     |  |
|                                | 300                            | 60               | 6     | 0.6  | 1.67    |  |
|                                | 500                            | 100              | 10    | 1.0  | 1.0     |  |

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3-1 음극전류효율 및 음극과전압

P.C.전해시 파형인자의 변화에 따른 음극전류효율의 변화는 Fig. 1 및 Fig. 2의 결과와 같다. on-time (또는 pulse period)이 1.0ms(또는 100-500ms)로 증가한 조건에서 peak current( $i_p$ )가 100A/dm<sup>2</sup>에서 500A/dm<sup>2</sup>으로 증가함에 따라서 전류효율은 저하되었으며 반면에 on-time (또는 pulse period)이 0.01ms로 짧은 경우는 그 효율은 미소하게 감소하였다. 평균 전류밀도 ( $i_m$ )가 1-5A/dm<sup>2</sup>범위에서 증가함에 따라서 전류효율은 Fig. 2와 같이 완만하게 감소하는 결과를 나타내었다. 이상의 결과를 보면

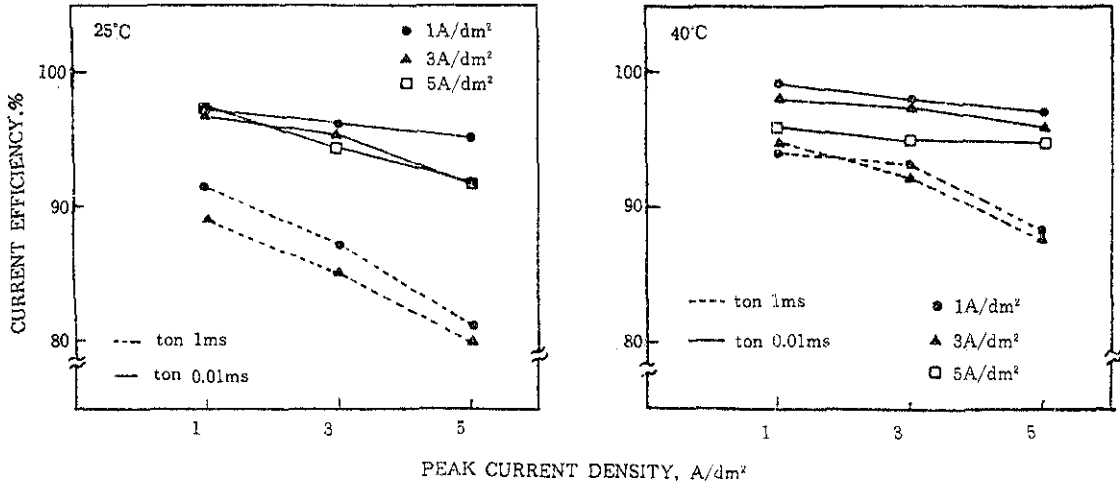


Fig. 1 Effect of peak current density on the current efficiency

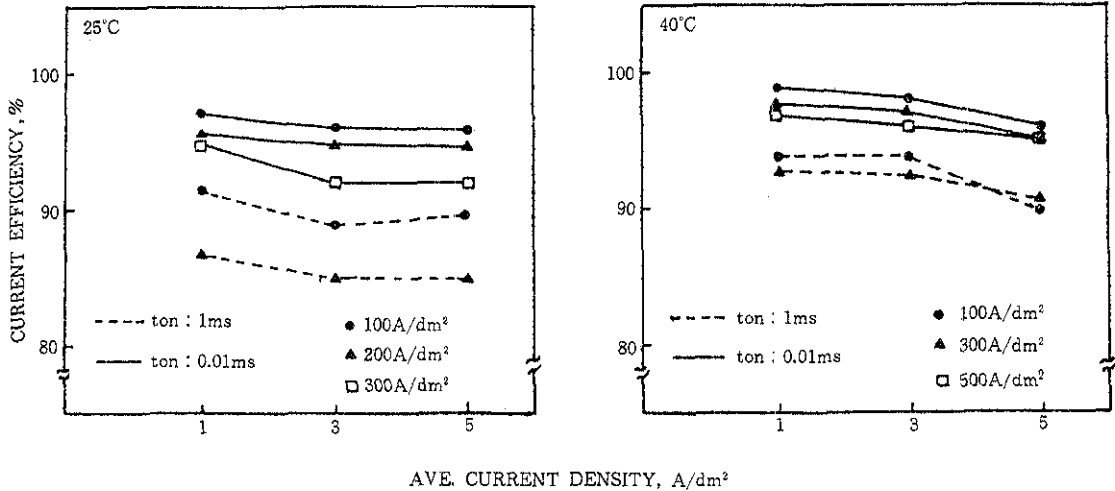


Fig. 2 Effect of average current density on the current efficiency

P.C전해 경우는 D.C전해<sup>12)</sup>에 비하여 전류효율이 전반적으로 저하된 결과를 나타냄을 알 수 있었다. 또한 on-time(또는 pulse period)가 0.01ms에서 1.0ms로 증가함에 따라서 전류효율은 Fig. 1-2의 결과와 같이 현저히 저하되는 결과였다.

Locarnini,<sup>13)</sup> Hosokawa<sup>6)</sup> 및 Fukumoto<sup>7)</sup> 등은 Pd, Ag 및 Pd-Ni합금전해에서  $i_p$ 값이 증가하거나 on-time

이 증가함에 따라서 전류효율이 저하됨을 발표한 바 본 실험결과와 동일한 경향 이었다.

Puippe<sup>14)</sup> 및 Kmoedler<sup>15)</sup>는 Au-Co 및 Au-Fe합금에서 P.C전해의 경우 D.C전해에 비하여 전류효율이 보다 전하됨을 조사하였다. 이 결과는 P.C전해시 전착층 표면에 흡착된 수소가 off-time동안에 제거(desorption)되고 따라서 on-time시에는 전착

충표면은 수소흡착을 용이하게 함으로써 보다 낮은 음극전류효율을 나타낸것으로 해석하였다. 일정 peak current에서 on-time이 0.01ms에서 1.0ms로 증가한 경우는 duty cycle이 일정하므로 실제 off-time은 Table. 1에서 알 수 있는 바와같이 0.2-5ms범위에서 20-500ms범위로 크게 증가한 조건이다. 따라서 pulse period(또는 on-time)가 증가함에 따라서 수소환원흡착이 촉진됨으로써 전류효율이 저하된 것으로 판단된다. 또한 본 실험에서는 전해온도가 25°C에서 40°C로 증가함에 따라서 금속이온의 확산이 촉진됨으로써 전류효율은 다소 향상됨을 알 수 있었다.

P.C 전해에서 과전압에 따른 음극 과전압의 변화는 Table. 2 및 Fig. 3과 같다. 최대전류밀도 ( $i_p$ ) 값이 100-500 A/dm<sup>2</sup> 범위에서 증가함에 따라서 음극과전압은 250-1020 mV 범위에서 증가한 결과를 나타내었다. 특히 D.C 전해조건 (240-360 mV)에 비하여<sup>12)</sup> P.C 전해 경우는 peak current가 증가함에 따라서 과전압이 현저히 증가함을 알 수 있었다. Puippe<sup>8)</sup>는 P.C 전해의 경우 D.C 전해에 비교하여 현저히 증가된 전류밀도( $i_p$ )로 인하여 전착층 표면에 흡착원자의 농도를 증가시킴으로써 음극 과전압이 현저히 증가됨을 설명하였다. 또한 전해 온도가 25°C에서 40°C로 증가함에 따라서 과전압은 현저히 감소한 결과를 나타내었다. 이 결과는 온도

증가에 따른 농도과전압의 감소에 기인한 것으로 생각된다.<sup>16)</sup> Fukumoto<sup>7)</sup>등도 Pd-Ni합금에서 과전류밀도 및 on-time이 증가함에 따라서 음극과전압이 비한(base) 방향으로 증가함을 발표하였다.

본 실험결과 평균전류밀도( $i_m$ ) 및 on-time의 변화는 과전압에 영향을 거의 미치지 않는 결과를 나타내었다.

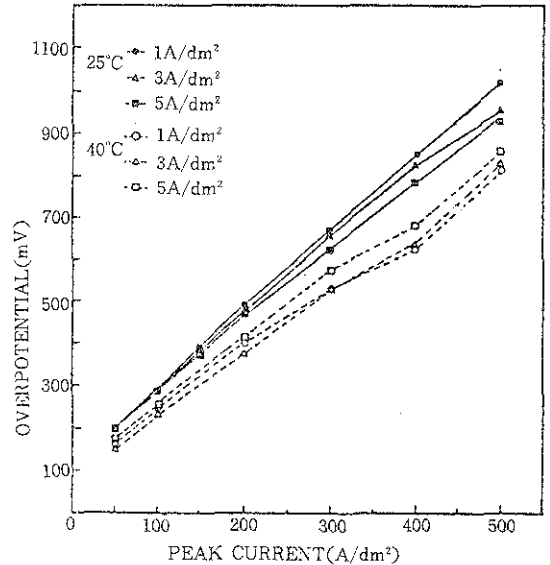


Fig. 3 Cathode overpotential vs. pulse current density (ton : 0.01ms)

Table. 2 P.C. Cathode Overpotential(mV) vs. P.C. Electrolysis Conditions.

| Temp.(°C)                      |     | 25   |     |      |     |      |     | 40   |     |      |     |      |     |
|--------------------------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| Aver. C.D.(A/dm <sup>2</sup> ) |     | 1    |     | 3    |     | 5    |     | 1    |     | 3    |     | 5    |     |
| On-Time (ms)                   |     | 0.01 | 1.0 | 0.01 | 1.0 | 0.01 | 1.0 | 0.01 | 1.0 | 0.01 | 1.0 | 0.01 | 1.0 |
| Peak                           | 50  | 186  | 180 | 187  | 177 | 190  | 180 | 170  | 173 | 153  | 160 | 173  | 170 |
| C.D.                           | 100 | 290  | 307 | 293  | 310 | 290  | 287 | 250  | 250 | 227  | 233 | 260  | 250 |
|                                | 200 | 490  | 480 | 473  | 473 | 480  |     | 393  | 387 | 373  | 367 | 410  |     |
|                                | 300 | 675  | 667 | 667  | 673 | 620  |     | 520  | 547 | 527  | 533 | 567  |     |
|                                | 400 | 850  | 813 | 823  | 820 | 786  |     | 620  | 633 | 633  | 613 | 680  |     |
|                                | 500 | 1020 | 933 | 953  | 960 | 933  |     | 807  | 840 | 827  | 820 | 853  |     |

3-2 전착층의 균일전착성

P.C전해의 경우 파형인자의 변화에 따른 균일전착력은 Table. 3의 결과와 같다. 최대전류밀도( $i_p$ )가  $100 \text{ A/dm}^2$ 에서  $500 \text{ A/dm}^2$ 으로 증가함에 따라서 T.P(%) 값은 Fig. 4-5와 같이 70%에서 50%로 현저히 저하되었다. 그러나 평균전류밀도( $i_m$ )가  $1 \text{ A/dm}^2$ 에서  $5 \text{ A/dm}^2$ 으로 증가함에 따라서 균일전착력은 Fig. 5와 같이 매우 완만하게 감소하는 결과였다. 또한 전해온도가  $25^\circ\text{C}$ 에서  $40^\circ\text{C}$ 로 증가함에 따라서 T.P값은 다소 향상되는 결과를 나타내었으며 on-time이 1.0ms에서 0.01ms로 감소(또는 pulse periode가 감소)함에 따라서도 균일전착력은 다소 향상됨을 알 수 있었다. (Fig. 5) 전착층의 두께측

정에 의한 결과(Table. 3)도 Haring cell에 의한 실험결과와 일치되는 경향을 나타내었다.

이상의 결과는 P.C전해조건외의 경우가 D.C전해( $3-5 \text{ A/dm}^2$ : 공정조성의 전착층)의 경우<sup>12)</sup>에 비하여 균일전착력이 각각 50-70% 및 41.5-46%로써 보다 현저히 향상됨을 알 수 있었다. Puippe<sup>8)</sup>등은 P.C.전해에서 이론적인 전류분포는 D.C전해의 경우보다 저하됨을 검토하였으나 첨가물질의 존재등에 의하여 그 경향이 변할 수 있으며 파형인자의 영향도 불확실한 것으로 설명하였다. Nenov<sup>14)</sup>등은 Zn-Ni 합금에서 P.C. 전해 경우가 D.C 전해에 비하여 macro-throwing power가 증가됨을 조사하였다.

Table 3. Throwing Power(%) of P.C. Electrolysis

| Temp<br>(°C) | Ave. C.D.<br>(A/dm <sup>2</sup> ) | t <sub>on</sub> (ms) | 0.01                       |        | 0.1  |        | 1.0  |        |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|--------|--|--------|------|--------|
|              |                                   |                      | Peak C.D.A/dm <sup>2</sup> | H.Cell | T.R.(t <sub>min</sub> /t <sub>max</sub> )% | H.Cell | T.R  | H.Cell |
| 25           | 1                                 | 100                  | 68.6                       | 55.1   | 65.2                                       | 52.8   | 63.6 | 51.9   |
|              |                                   | 300                  | 69.4                       | 50.4   |  |        |      |        |
|              |                                   | 500                  | 55.4                       | 45.1   |  |        |      |        |
|              | 2                                 | 100                  | 69.6                       | 57.4   | 66.3                                       | 55.8   | 64.4 | 54.6   |
|              |                                   | 300                  | 61.3                       | 51.1   |  |        |      |        |
|              |                                   | 500                  | 53.0                       | 45.4   |  |        |      |        |
|              | 3                                 | 100                  | 64.3                       | 57.8   | 66.6                                       | 56.3   | 60.6 | 52.3   |
|              |                                   | 300                  | 57.4                       | 52.3   |  |        |      |        |
|              |                                   | 500                  | 50.8                       | 43.7   |  |        |      |        |
| 40           | 1                                 | 100                  | 70.7                       | 59.3   | 68.4                                       | 55.8   | 67.4 | 54.8   |
|              |                                   | 300                  | 70.2                       | 52.5   |  |        |      |        |
|              |                                   | 500                  | 58.0                       | 52.5   |  |        |      |        |
|              | 2                                 | 100                  | 70.5                       | 58.6   | 69.0                                       | 59.0   | 66.2 | 58.2   |
|              |                                   | 300                  | 66.6                       | 53.6   |  |        |      |        |
|              |                                   | 500                  | 55.4                       | 51.5   |  |        |      |        |
|              | 3                                 | 100                  | 67.4                       | 59.4   | 67.5                                       | 58.3   | 65.4 | 57.8   |
|              |                                   | 300                  | 61.3                       | 54.6   |  |        |      |        |
|              |                                   | 500                  | 53.1                       | 48.6   |  |        |      |        |

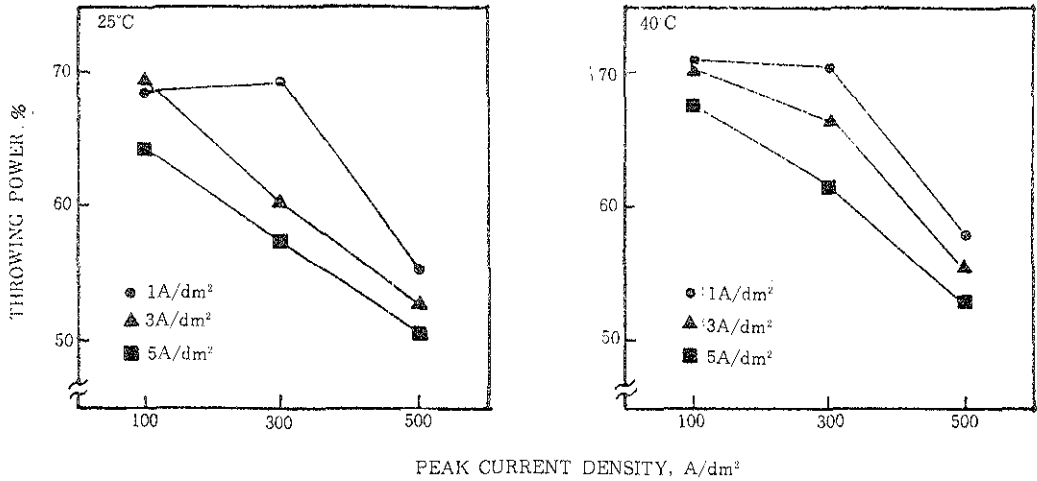


Fig. 4 Throwing power vs. peak current density ( $t_p$  : 0.01ms)

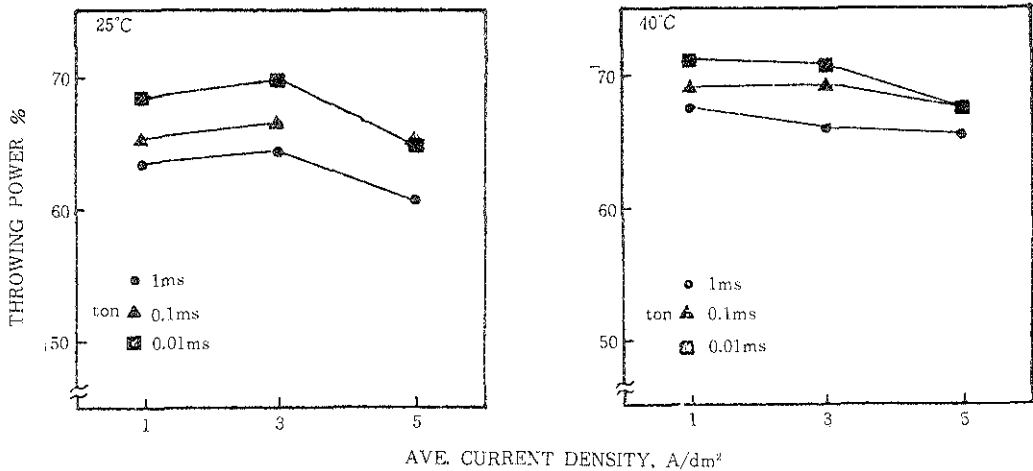


Fig. 5 Throwing power vs. average current density ( $i_p$  : 100A/dm²)

### 3-3 합금의 조성변화

P.C.전해조건에서 Pb-Sn합금의 조성은 Table. 4 및 Fig. 6-7의 결과와 같이 주로 평균전류밀도( $i_m$ )의 증가에 따라서 Pb함량이 감소하고 Sn함량은 증가한 결과였다. 특히 P.C.전해의 경우 D.C.전해조건에 비하여<sup>12)</sup> 동일한 평균전류에서 Pb함량은 감소하는 결과임을 알 수 있었다.

Nenov<sup>9)</sup>는 Zn-Ni합금의 경우  $i_m$ 값이 1A/dm²에서

8A/dm²으로 증가함에 따라서 Ni조성이 감소하는 결과를 조사한 바, 본 실험과 동일한 경향임을 알 수 있었다.

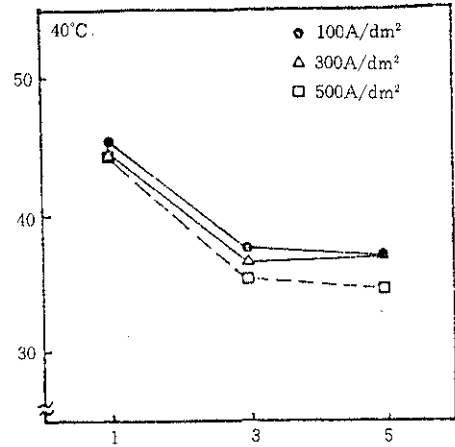
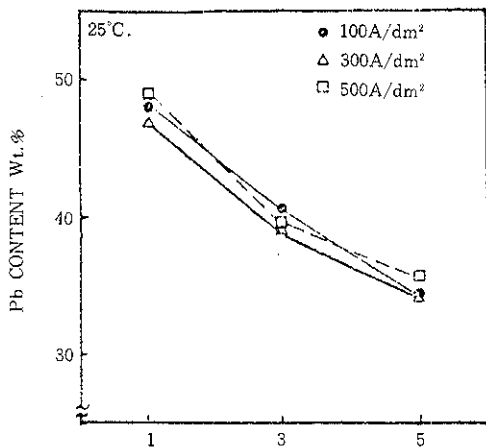
Puippe<sup>8)</sup>는 P.C.전해 경우가 D.C.전해에 비하여 합금전착시에 보다 덜 비한 전위에서 환원되는 금속의 함량이 보다 낮으며 반면에 비한 금속의 함량이 보다 증가함을 발표하였다. 또한 Knodler<sup>10)</sup>는 Zn-Ni 및 Au-Ni합금에서 P.C.의 경우가 D.C.조건에 비하여 보다 비한 금속의 함량이 증가함을 조사하고

Table. 4 The content of Pb in Alloy deposits.

| Ave. C.D.<br>(A/dm <sup>2</sup> ) | on-time<br>(ms) | Peak C.D.<br>(A/dm <sup>2</sup> ) | Pb Content(wt%) |      |      |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|------|------|
|                                   |                 |                                   | 25°C            | 40°C |      |
| 1                                 | 1.0             | 100                               | 48.2            | 42.6 |      |
|                                   |                 | 300                               | 41.8            | 35.0 |      |
|                                   |                 | 500                               | 40.0            | 33.0 |      |
|                                   | 0.1             | 100                               | 47.8            | 41.8 |      |
|                                   |                 | 100                               | 48.9            | 45.5 |      |
|                                   |                 | 300                               | 47.0            | 44.4 |      |
|                                   | 3               | 1.0                               | 100             | 39.0 | 40.6 |
|                                   |                 |                                   | 300             | 39.5 | 41.3 |
|                                   |                 |                                   | 500             | 40.0 | 38.8 |
| 0.1                               |                 | 100                               | 38.3            | 40.0 |      |
|                                   |                 | 300                               | 39.0            | 39.0 |      |
| 0.01                              |                 | 100                               | 41.0            | 37.1 |      |
|                                   | 300             | 39.9                              | 36.8            |      |      |
| 5                                 | 1.0             | 100                               | 33.8            | 37.9 |      |
|                                   |                 | 100                               | 34.6            | 37.4 |      |
|                                   |                 | 100                               | 35.8            | 37.1 |      |
|                                   | 0.01            | 300                               | 34.5            | 37.2 |      |
|                                   |                 | 500                               | 34.3            | 35.0 |      |

이 결과는 off-time 동안 음극 확산층에 Zn 및 Ni이온이 새로히 보충되며 기인한 것으로 설명하였다. 따라서 본 실험의 결과도 위의 선행연구의 결과와 일치함을 알 수 있었다. 반면에 최대전류밀도의 변화에 따른 합금층의 조성변화는 pulse period가 긴 전해조건을 제외하고는 거의 없었다. Pulse period가 길어진 조건(100-500ms) 즉, 1A/dm<sup>2</sup>의 낮은 평균전류밀도 및 on-time이 1.0ms인 조건에서는  $i_p$  증가에 따라서 Pb조성은 현저히 감소하였다. 이 결과는  $i_p$ 값이 100A/dm<sup>2</sup>에서 500A/dm<sup>2</sup>으로 증가함에 따라서 pulse period(또는 off-time)가 100ms에서 500ms로 길어지게 되고 따라서 Sn이온이 확산층에 현저히 보충된 것으로 생각된다.<sup>10)</sup> Dossenbach<sup>17)</sup> 등은 Pd-Ag합금에서  $i_p$ 의 증가는 Ag조성의 변화에 영향이 거의 없었으며  $i_m$ (평균전류) 값이 증가함에 따라서 Ag함량이 감소함을 조사하였다.

또한 Fukumoto<sup>18)</sup> 등도 Au-Ni 및 Pd-Ni합금에서  $i_m$ 값의 증가에 따라 Ni함량이 증감함을 조사하였으며 과형인자의 변화에 따른 합금조성의 변화는 단순한 전극전위의 변화에 의해 해석될 수 없음을 발표하였다. 반면에 Knodler<sup>11)</sup> 등은 붕블 화육(첨가제 없음)을 사용한 Pb-Sn합금에서 peak current가 3.3-20A/dm<sup>2</sup>범위에서 증가함에 따라서



AVE. CURRENT DENSITY, A/dm<sup>2</sup>

Fig. 6 Effect of average current density on Pb content (ton : 0.01ms)

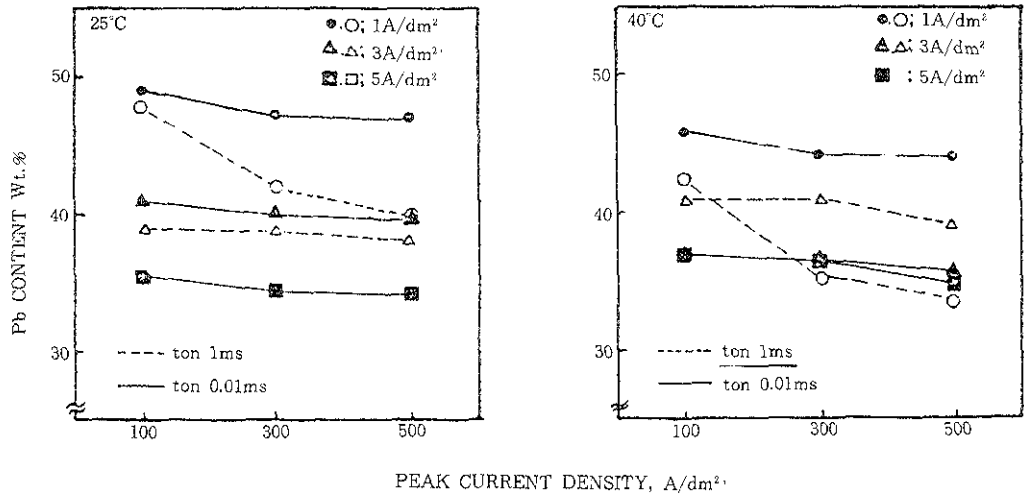


Fig. 7 Effect of peak current density on Pb content.

Sn함량이 감소함을 발표한 바 있다. 또한 본 실험 결과 on-time 및 전해온도의 변화에 따른 합금층의 조성변화에 미치는 영향은 미소하였다. 다만 pulse period가 길어진 낮은 평균전류밀도( $1A/dm^2$ )에서는 on-time이 0.01ms에서 1.0ms로 길어지거나 온도가  $25^{\circ}C$ 에서  $40^{\circ}C$ 로 증가함에 따라서 Pb함량은 현저히 감소하였다. 이 결과도 역시 pulse period의 증가와 더불어 확산층에 Sn이온의 확산공급이 보다 촉진된데 기인한 것으로 생각된다.

### 3-4 내부응력 및 미소경도

Pb-Sn합금의 내부응력 측정을 위하여 D.C.전해 및 P.C.전해의 경우 합금조성이 각각 41-66% 및 31.4-48%범위에서 각각 다섯종류의 시편을 전해하였다.

본 실험결과 전해과정에서 전착층에 생성되는 내부응력에 의한 시편의 torsional angle(spiral contractometer)의 변화는 전혀 측정되지 않았다. 따라서 Pb-Sn합금의 내부응력은 형성되지 않은 결과를 얻었다.

Heussner<sup>(19)</sup>는 fluorate전해액을 사용한 Pb전착층은 내부응력이 거의 발생하지 않음을 발표하였으며 Sn 또는 Pb-Sn합금의 내부응력에 관한 자료는 발표된 바 없는 단계이다.<sup>20)</sup> 반면에 본 합금의 미세경도의 변화는 Table. 5의 결과와 같다.

D.C.전해 및 P.C.전해의 경우 Pb조성이 각각 39.3-65.9% 및 31.5-48.8% 영역에서 미세경도는 각각 9.0-9.2kg/mm<sup>2</sup> 및 9.0-12.6kg/mm<sup>2</sup>(평균 11.0)으로써 P.C.전해의 경우가 D.C.의 경우에 비하여 다소 증가한 결과를 나타내었으며 본 실험의 합금 조성

Table 5. Microhardness of Pb-Sn Alloy electrodeposite.

| Pb content<br>(wt.%)                | D.C. Electrolysis |      |      |      |      |      | P.C. Electrolysis |      |      |      |
|-------------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|
|                                     | 65.9              | 50.0 | 46.0 | 41.3 | 39.0 | 48.8 | 45.8              | 39.0 | 34.5 | 31.5 |
| Enoep Hardness(kg/mm <sup>2</sup> ) | 9.1               | 9.0  | 9.2  | 9.0  | 9.2  | 12.6 | 9.2               | 9.4  | 12.5 | 11.9 |



범위에서는 조성변화에 따른 정도변화는 없음을 알 수 있었다. P.C.전해의 경우 합금의 조적이 보다 치밀하(기공도 낮음)므로써<sup>21)</sup> 정도가 다소 증가한 것으로 생각된다.

Mouler<sup>21)</sup>는 fluo borate욕을 사용한 Pb-Sn합금에서 Sn함량이 0-14% 및 20-100% 범위에서 각각 6-8kg/mm<sup>2</sup> 및 9kg/mm<sup>2</sup>임을 조사하였으며 Feclotev<sup>22)</sup>는 resorcinol(1g/e)이 첨가된 fluosilicic acid solution으로 전해한 Pb-Sn합금에서 Sn함량이 3-14% 및 20-100%에서 각각 9.4-9.8kg/mm<sup>2</sup> 및 11-12kg/mm<sup>2</sup>임을 발표한 바 있다.

## 결 론

1. 음극전류효율은 pulse period가 긴 조건에서는 peak current가 증가함에 따라서 상당히 저하되었으며 평균전류밀도의 증가에 따라서는 미소하게 감소하는 경향이였다. 온도가 25°C에서 40°C로 증가할 경우 그 효율은 다소 향상되었다.

또한 on-time(또는 pulse period)이 길어짐에 따라서 전류효율은 현저히 저하되었다.

2. 음극과전압은 최대전류밀도가 증가함에 따라서 250-1020mV범위에서 현저히 증가하였다. 반면에 평균전류밀도 및 on-time의 변화가 과전압 변화에 끼치는 영향은 적음을 알 수 있었다.

3. 균일전착력은 최대전류밀도가 100A/dm<sup>2</sup>에서 500A/dm<sup>2</sup>으로 증가함에 따라서 70%에서 50%로 현저히 저하되었다. 그러나 평균전류밀도 및 on-time의 증가 그리고 온도의 저하에 따라서는 균일전착력은 다소 낮아진 결과였다.

4. Pb-Sn합금의 Pb함량은 평균전류밀도가 증가함에 따라서 감소하였으며 D.C. 전해조건에 비하여 그 함량은 감소하는 결과를 나타내었다. 반면에 Pulse period가 긴 조건을 제외하고는 최고전류밀도의 변화는 조성변화에 영향이 거의 없었다.

5. Pb-Sn합금의 내부응력은 형성되지 않았다. 미시경도는 본 실험의 합금조성범위에서는 변화가 없

었으며 P.C.전해된 경우가 D.C.경우에 비하여 다소 증가함을 알 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 1987년도 문교부 자유공모과제 학술연구비에 의하여 수행되었으며 관계된 여러분께 감사함을 드린다.

## 참 고 문 헌

1. J. Evans, *Electroplat. and Met. Finish*, June (1972), 29-31.
2. A.A. Watson, *AES 9th symposium on plating in electronics industry*, Feb. 16-17, (1982)
3. J.P. Langan, *plating and surf. Fin.*, 70(1), (1983), 21-23
4. P.A. Kohl, *plating and surf. Fin.*, 68(8), (1981), 45-48.
5. B.F. Rothschild and S. arder, *plating*, 56 (1969), 1241.
6. K. Hosokawa, Y. Tsuru and T. Hayashi, *AES 2nd Intern. pulse plating symp.*, Oct. 6-7, 1981.
7. Y. Fukumoto, Y. Kawashina and T. Hayashi, *Plating and Surf. Fin.*, 73(3), (1986), 62.
8. J. Cl. Puipe and F. Leamdn, "Theory and practice of pulse plating" *AESF Soc.*, (1986), 17-19.
9. I. Nenov, I. Gadshov and K. Pangarov, *Galvanotech*, 75 (1984) 1107.
10. A. Knodler, *Galvanotech.*, 68 (1977) 383.
11. A. Knodler, J. Raub and E. Raub, *Metalloberflaeche*, 39(1), (1985), 21-25.
12. G.C. YE, S.J. Cho and Y.U. Kim, *J. of the metal Fin. Soc. of KOREA*, 22(4), (1989)

- 198.
13. J.M. Locarnini and N.161, AES 2nd Intern. pulse plating symp., Oct. 6-7, (1981).
14. N. Ibi, J. Cl, Puipe and H. Angerer, Surface technology, 6 (1981), 278.
15. A. Knodler, Metaloberflaeche, 38 (1984) 539.
16. E. Raub and K. Muller, "Fundamental of Metal deposition "Elsevia pub., (1967).
17. O. Dossenbach, B. Sturzen-egger and J.C. Puipe, AESF 3rd Intern. Pulse Plating Symp., Oct 28-29, (1986).
18. Y. Fukumoto and T. Hayashi, *ibid.*
19. C.E. Heussner and L.M. Morse, plating, 35(7), (1967), 719-723.
20. W.H. Safranek, "The properties of Electrodep. Metallas and Alloys" AESF Soc. (2nd Ed.) (1986)
21. J.B. Mohler and H.J. Sedusky, Metal Fin., 45(12), (1947), 65-70.
22. N.P. Fedot'ev and P.M. Vyacheslavov, Plating, 57(7), (1970), 700-706.