

납-주석합금 도금층의 조성 및 조직특성

예길촌·지창훈

영남대학교 재료금속공학부

Composition and microstructure of Lead-Tin alloy electrodeposits

G.C. Ye and C.H. Jee

School of material science & metallurgical Eng,
Yeungnam University, Gyungbuk KOREA

Abstract

The composition and the microstructure of the lead-tin alloy electrodeposited in a gluconate bath were investigated according to electrolysis conditions. The tin content of the lead-tin alloy electrodeposits increased with increasing current density and EDTA addition, while it decreased with increasing temperature and sodium gluconate concentration. The preferred orientation of the alloy deposits changed from the (220) plane through (200) to (200) + (111) planes with increasing cathode overpotential. The surface morphology of the films was closely related to both the preferred orientation and the alloy composition

1. 서 론

Pb-Sn(10wt% Sn) 합금도금은 우수한 내식성, 내마모성 및 내피로성등의 물성을 갖고 있으므로 베어링의 overlay 코팅으로 사용되고 있다.¹⁾ 이 합금도금은 붕불화옥^{2, 3)} 및 염화물옥⁴⁾등을 사용하고 있으나 최근에는 공해문제를 최소화하기 위하여 글루콘산염옥^{5, 6)} 및 유기 슬폰화옥⁷⁾등 유기 산염옥의 개발을 위한 연구가 이루어지고 있다. sonoda^{5, 6)} 등은 중성의 글루콘산염옥을 사용하여 펄납용 Sn-Pb합금도금의 특성 즉 첨가제 및 옥조

성(Sn함량비 : 0.5-0.9) 등이 합금의 조성과 물성에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 그러나 글루콘산염옥을 사용하여 베어링 overlay도금으로써 10wt% Pb-Sn합금에 관한 전착가능성과 그 조직특성에 대해서는 아직 연구가 이루어지지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 중성의 글루콘산염옥을 사용하여 10wt% Pb-Sn합금도금을 얻기 위한 전해조건을 조사하고 또한 전해조건(첨가제, 옥조성 및 전류밀도등)이 Pb-Sn합금의 조성과 조직특성(우선방위 및 표면조직)에 미치는 영향을 연구함을 목적으로 하였다.

2. 실험방법

Pb-Sn합금도금은 Table 1과 같이 글루콘산염을 사용하여 욕조성 및 전해조건의 변화에 따른 합금도금층의 조성, 음극전류효율 및 조직특성을 조사하였다. 욕조의 Sn염의 함량비(Sn/Pb+Sn, 볼비)는 0.2-0.5범위로 변화하고 이때 금속염의 전체 함량은 0.2M/l로 일정하게 유지하였다. 착화제로서 글루콘산나트륨 및 EDTA를 각각 0.3-0.7M/l 및 0-0.1M/l 범위에서 변화시키고 PEG 8000등 3종의 첨가제를 일정량 첨가하였다.

전류밀도 및 온도등 전해조건은 Table 1과 같이 변화시켜 도금층 두께(이론치)를 10 μ m가 되도록 도금하였다. 전류밀도 및 욕조성에 따른 합금층의 조성 및 조직 특성을 조사한 경우 글루콘산화나트륨, 온도 및 pH를 각각 0.5M/l, 35 $^{\circ}$ C 및 8.0으로 고정하였다. 전해조는 700mL용량의 아크릴조를 사용하였고 전해욕은 교반봉을 사용해 500rpm으로 일정하게 교반하였다.

합금도금층의 조성분석은 원자흡광분석법을 사용하여 무게분율로 측정하였다. 합금 전해시 분극곡선은 기록계와 디지털 전압계를 사용하여 정전류법으로 측정하였으며 이 때 참조전극은 포화카로멜 전극을 사용하였다. 합금전해시 각 성분금속의 분극곡선은 해당되는 단일 성분금속만 포함된 전해액을 사용하여 측정하였다. Pb-Sn 합금도금의 상 및 우선방위는 X-선 회절장치(Regaku, Rint2000, CuK α)를 사용하여 각각 결정격자면의 적분강도를 측정하고 각각 격자면의 집합조직계수

8)로 환산하여 결정하였다. 또한 합금도금층의 표면조직은 S.E.M(Hitachi S-4100)을 사용하여 관찰하였다.

3. 실험결과 및 검토

3. 1. 음극 과전압 및 전류효율

Pb-Sn합금 전착시 음극과전압은 전해조건의 변화에 따라서 Fig. 1과 같이 변화되었다. 전류밀도가 0.5-2.0 A/dm 2 범위에서 증가함에 따라서 Fig. 1a와 같이 음극과전압은 560mV에서 1170mV까지 현저히 증가하였으며 이 결과는 전류밀도 증가에 따른 농도과전압의 증가에 기인한 것으로 판단된다. 한편 욕조의 Sn함량비가 0.2에서 0.5로 증가함에 따라서 과전압은 위의 전류밀도 범위에서 560-11020mV에서 690-1170mV범위로 다소 증가한 경향을 나타내었으며 이 결과는 석출전위가 Pb성분보다 비한 성분인 Sn의 함량이 증가한데 기인한 것으로 판단된다. 또한 착화제인 글루콘산 나트륨의 첨가량이 0.3-0.7M/L범위에서 과전압에 미치는 영향은 Fig. 1-b와 같이 매우 미소하였다. 제 2착화제인 EDTA첨가량이 0-0.1M/L 범위에 증가함에 따라서 과전압은 Fig. 1-c와 같이 560-1010mV에서 630-1080mV범위로 다소 증가한 결과를 나타내었으며 이 결과는 Pb의 석출전위가 EDTA의 첨가에 의하여 보다 비하게 되고 Pb의 우선석출이 억제된 때문으로 해석된다.

음극전류효율은 Fig. 2-4와 같이 욕조성(Sn함량비 및 첨가제)과 전해조건에 따라서 변화되었다.

Table 1. Composition of bath and electrolysis conditions

component	composition (mol/L)	Electrolysis conditions	
Sodium gluconate	0.3~0.7	pH	5.0~8.0 \pm 1
Pb((CH $_3$ COO) $_2$	0.10~0.16	Temperature	25~45 \pm 1
SnCl $_2$ · 2H $_2$ O	0.10~0.04	Current Density	0.5~2.0A/dm 2
EDTA · 2Na	0~0.10	Agitation speed	500rpm
p-Anisaldehyde	0.1g/L	Cathode	Cu sheet (4 \times 4cm)
PEG8000	1g/L	Anode	Pb-10wt%Sn alloy sheet
HCHO	0.6ml/L	Electrode distance	5.5cm

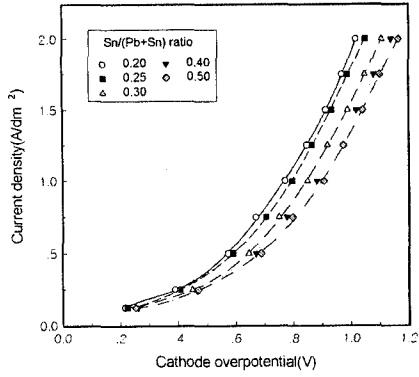


Fig. 1-a Cathode overpotential of Pb-Sn alloy deposition vs. current density and Sn ratio of bath

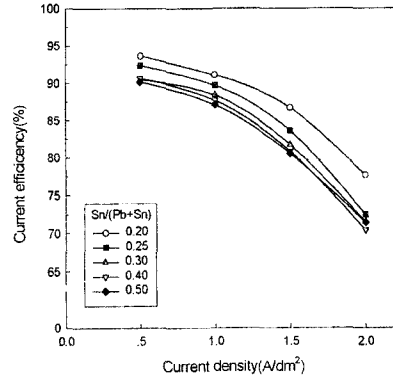


Fig. 2 Cathode current efficiency vs. current density and Sn ratio

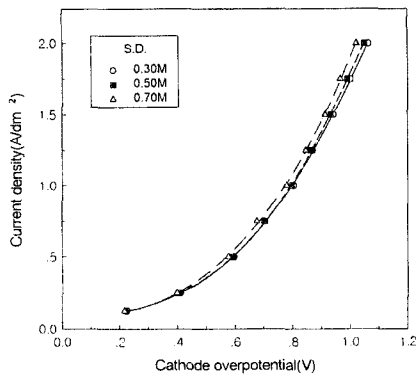


Fig. 1-b Cathode overpotential of Pb-Sn alloy deposition according to the EDTA concentration in bath of 0.25-Sn ratio

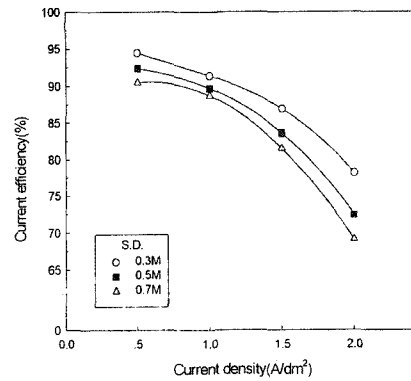


Fig. 3-a) Cathode current efficiency according to sodium gluconate concentration in bath of 0.25-Sn ratio

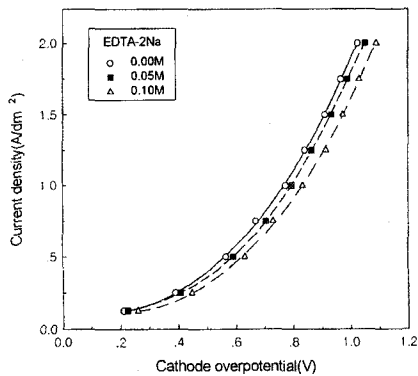


Fig. 1-c Cathode overpotential of Pb-Sn alloy deposition according to the sodium gluconate concentration in the bath of 0.25-Sn ratio

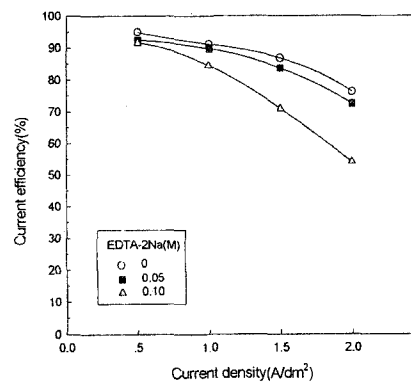


Fig. 3-b) Cathode current density efficiency according to the EDTA concentration in bath of 0.25-Sn ratio

전류밀도가 0.5에서 2.0A/dm²으로 증가함에 따라서 전류효율은 Fig. 2와 같이 94%에서 70%로 현저히 감소하였다. 이 결과는 전류밀도의 증가에 따른 금속성분의 석출전위가 수소의 경우보다 비한 방향으로 증가한데 기인한 것으로 해석되며 욱중의 Sn함량비가 0.7로 높은 Pb-Sn합금의 경우도 본 실험결과와 동일한 경향임을 조사한 바 있다.⁵⁾ 또한 욱중의 Sn함량비가 0.3에서 0.5로 증가함에 따라서 전류효율은 위의 전류밀도 범위의 조건에서 94-72%에서 90-61% 범위로 다소 감소하였다. 이 결과는 Pb보다 비한 Sn성분금속의 함량비가 증가함에 따라서 음극과전압이 증가되고 따라서 금속 이온의 전착이 보다 억제되었기 때문이라고 판단된다. 한편 글루콘산 나트륨과 EDTA 첨가량이 각각 0.3-0.7M/L 및 0-0.1M/L범위에서 증가함에 따라서 전류효율은 감소한 결과를 나타내었다. 이 결과는 이들 첨가제가 착화제로서 금속이온의 착염체를 형성하고 따라서 금속이온의 환원전착이 억제된 반면에 착화제가 수소환원전위에는 영향을 거의 미치지 못한 때문이라 판단된다. 한편 온도 및 pH값이 각각 25-45°C 및 5.0-8.0범위에서 증가함에 따라서 전류효율은 Fig. 4와 같이 뚜렷이 증가한 결과를 나타내었다.

3. 2. Pb-Sn 합금도금층의 조성

1) Sn함량비 및 전해조건에 따른 조성변화

욕중의 Sn함량비와 전류밀도에 따른 조성변화는 Fig. 5-a의 결과와 같다. 합금의 Sn함량은 욱중의 Sn함량비가 0.2에서 0.5로 증가함에 따라서 7.0-16.0%에서 15.4-46.1%범위로 현저히 증가하였다. 또한 전류밀도가 0.5A/dm²에서 2.0A/dm²으로 증가함에 따라서 합금의 Sn함량은 욱중의 Sn함량비가 0.2-0.25범위로 낮은 경우 7.0-16%범위에서 비교적 완만하게 증가하였으나 그 함량비가 0.5로 증가한 경우에는 15.4에서 46%로 현저히 증가한 결과를 나타내었다. 따라서 욱중의 Sn함량비가 0.2-0.3범위의 낮은 조건인 경우 Pb-Sn

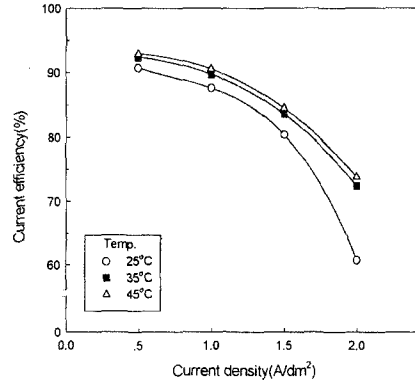


Fig. 4-a) Cathode current efficiency according to the temperature in bath of 0.25-Sn ratio

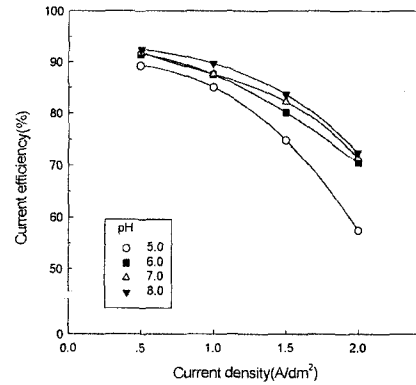


Fig. 4-b) cathode current efficiency according to pH in the bath of 0.25-Sn ratio

합금의 Sn함량이 10%에 가까운 합금조성을 얻을 수 있는 적정 함량비임을 알 수 있었다. Sn함량비에 대한 조성변화의 결과는 Fig. 5-b의 분극곡선으로부터 다음과 같이 설명할 수 있었다. 함량비가 0.2에서 0.5로 증가함에 따라서 Pb성분의 곡선 기울기(전위/전류밀도)는 증가한 반면에 Sn성분의 경우는 감소한 결과를 나타낸 바 따라서 일정 전류밀도에서 Pb성분의 석출전위는 비한 방향으로 증가하였고 Sn의 경우는 보다 귀한 방향으로 변화됨으로써 욱중의 Sn함량비의 증가에 따라서 Pb 및 Sn금속 이온의 전착이 각각 어려워지거나 용이하게 되고 동시에 욱중의 Sn이온농도가 증가함으로써 합금층의 Sn함량은 현저히 증가한 것으

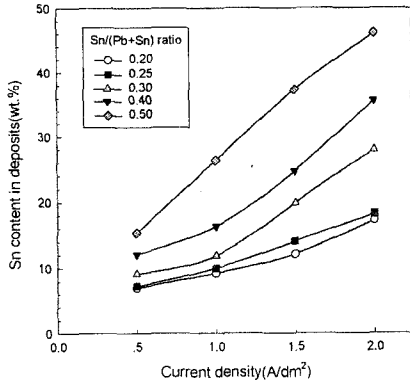


Fig. 5-a Sn content of Pb-Sn alloy vs. Sn ratio and current density

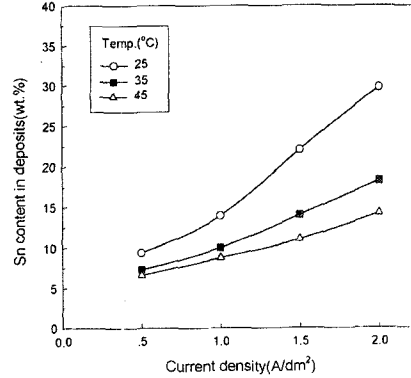


Fig. 6 Sn content of Pb-Sn alloy vs. temperature in bath of 0.25 Sn ratio

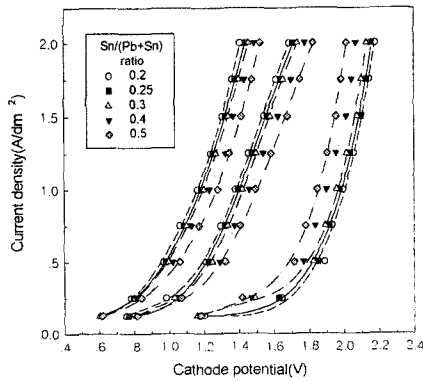


Fig. 5-b Partial current density of single metal and alloy deposition vs. cathode potential in bath of 0.2-0.5 Sn ratio

로 해석된다. 또한 전류밀도의 증가에 따라서 Pb 성분 금속의 석출전위는 보다 비한 방향으로 크게 증가한 반면에 Sn 성분 금속의 경우는 매우 완만하게 증가함으로써 Pb이온의 석출이 보다 억제되고 따라서 합금층의 Sn함량은 증가한 것으로 판단된다. 특히 Sn함량비가 높은 경우(0.5)는 전류밀도 증가에 따른 Pb성분의 석출전위가 Sn의 경우에 비하여 비한 방향으로 현저히 증가함으로써 합금의 Sn함량은 15%에서 46%로 크게 증가한 것으로 판단된다. 염화물⁴⁾ 및 붕불화물⁹⁾을 사용한 Pb-Sn합금의 경우도 전류밀도의 증가에 따라서 Sn의 함량이 증가함을 발표한 바 본 실험결과도 이와 동일한 변화경향을 나타내었다.

합금도금시 온도가 25°C에서 45°C로 증가함에 따라서 합금층의 Sn함량은 Fig. 6과 같이 현저히 감소된 결과를 나타내었다. 염화물⁴⁾ 및 붕불화물⁹⁾의 Pb-Sn합금 경우도 온도증가에 따라서 Sn함량이 감소함을 발표한 바 본 실험결과도 이와 동일한 경향임을 알 수 있었다.

2) EDTA 및 글루콘산나트륨 첨가량의 영향

착화제로서 EDTA의 농도에 따른 합금층의 Sn함량은 Fig. 7-a과 같이 그 첨가량이 무첨가욕에서 0.1M/L로 증가됨에 따라서 뚜렷이 증가한 결과를 나타내었으며 첨가량이 0.05M/L인 경우 합금의 Sn함량이 7-18%범위로서 10%Sn-Pb 합금 조성에 근접하는 적정조건임을 알 수 있었다. 합금의 Sn함량이 증가한 결과도 Fig. 7-b의 분극곡선에서 알 수 있는 바와 같이 무첨가욕에 비하여 EDTA첨가량이 0.1M/L로 증가함에 따라서 Pb의 석출전위가 비한 방향으로 다소 증가한 반면에 Sn성분의 석출전위는 귀한 방향으로 뚜렷이 감소함으로써 Sn금속이온의 석출이 보다 촉진된 때문이라 판단된다. Sonoda등⁵⁾은 Sn함량비가 0.7로 높은 글루콘산 염류에서 EDTA첨가량이 증가함에 따라서 Pb의 우선석출이 억제되는 효과를 나타냄을 조사한 바 있으며 Sn함량비가 낮은 본 실험조건에서도 동일한 결과임을 알 수 있었다. 한편 글루콘산나트륨의 첨가량이 0.3M/L에서 0.7M/L로

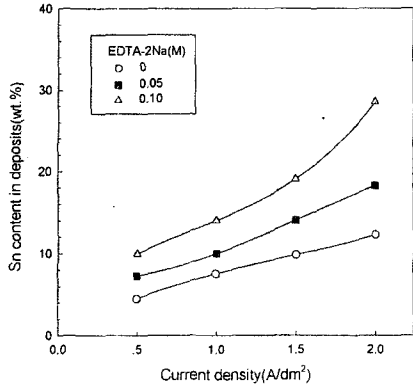


Fig. 7-a Sn content of Pb-Sn alloy according to EDTA concentration in bath of 0.25 Sn ratio

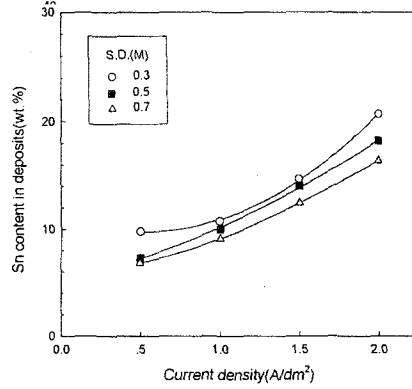


Fig. 8-a Sn content of Pb-Sn alloy according to sodium gluconate concentration in the bath of 0.25 Sn ratio

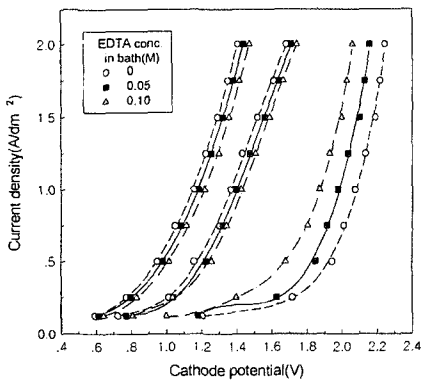


Fig. 7-b Partial current density of single metal and alloy deposition vs. cathode potential according to EDTA concentration

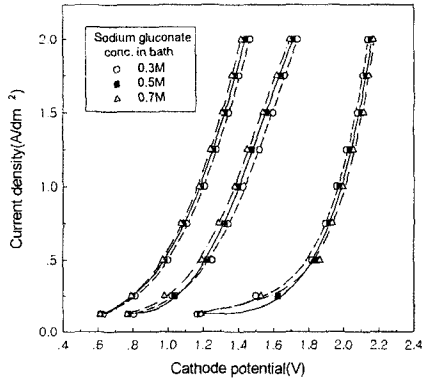


Fig. 8-b Partial current density of single metal and alloy deposition vs. cathode potential according to sodium gluconate concentration

증가함에 따라서 합금의 Sn함량은 Fig.8-a와 같이 다소 감소한 결과를 나타내었다. 이 결과도 Fig. 8-b의 분극곡선에서 알 수 있는 바 그 첨가량이 증가함에 따라서 Pb 및 Sn성분의 석출전위가 각각 귀한 방향 및 비귀한방향으로 감소 또는 증가함으로써 Sn성분의 전착이 상대적으로 억제된 때문이라 해석된다.

3. 3. 우선방위 및 표면조직

전해조건에 따른 Pb-Sn합금도금층의 우선방위의 변화는 Table 2의 결과와 같다. Pb-Sn합금은 Pb상(FCC)와 β-Sn상(BCT)의 혼합조직으로써 β

-Sn상은 무질서 방위조직(random distribution of crystallites)를 나타낸 반면에 합금의 주된 상인 Pb상은 전해조건에 따라서 우선방위가 다음과 같이 변화되었다. Pb상의 우선방위는 용액의 Sn함량비(0.2-0.5)에 따라서 상이한 결과를 나타내었다. 그 함량비가 낮은 조건(0.2-0.25)의 경우는 전류밀도가 0.5A/dm²에서 1.0-2.0 A/dm²범위로 증가함에 따라서 우선방위는 (220)에서 (200)으로 변화되었다. 한편 Sn함량비가 0.3-0.4범위로 증가한 경우 전류밀도가 0.5-1.0A/dm²에서 1.5-2.0A/dm²범위로 증가함에 따라서 우선방위는 (200)에서 (200) + (111) 혼합조직으로 변화되었

Table 2. Texture coefficient of reflection planes of Pb-Sn alloy deposits according to electrolysis condition

Sn/ (Pb+Sn) ratio	Current density (A/dm ²)	Texture coefficient of reflection planes							
		Pb Phase				Sn Phase			
		(111)	(200)	(220)	(311)	(200)	(101)	(220)	(211)
0.5	0.5	1.08	1.38	0.66	0.88	..	..	..	..
	1.0	1.10	1.29	0.71	0.90	0.88	0.98	1.12	1.02
	1.5	1.15	1.36	0.67	0.82	1.01	1.12	0.86	1.01
	2.0	1.29	1.11	0.87	0.73	1.01	1.04	1.10	0.86
0.4	0.5	0.76	1.45	0.98	0.81	..	..	..	..
	1.0	0.47	2.18	0.50	0.85	..	..	..	..
	1.5	1.04	1.18	0.80	0.98	1.01	0.93	1.15	0.91
	2.0	1.36	1.04	0.88	0.72	1.22	0.88	1.25	0.66
0.3	0.5	0.82	1.48	0.79	0.91	..	..	..	..
	1.0	0.16	3.03	0.24	0.57	..	..	..	..
	1.5	1.29	1.11	0.83	0.77	1.28	0.91	1.07	0.74
	2.0	1.12	1.06	0.94	0.88	0.92	1.11	1.13	0.83
0.25	0.5	0.40	0.35	2.28	0.97	..	..	..	..
	1.0	0.50	2.19	0.42	0.89	..	..	..	..
	1.5	1.04	1.42	0.70	0.85	..	..	..	..
	2.0	1.07	1.44	0.78	0.71	1.28	1.11	0.84	0.77
0.2	0.5	0.62	0.54	1.70	1.14	..	..	..	..
	1.0	0.47	1.62	1.21	0.70	..	..	..	..
	1.5	0.77	1.58	0.64	1.01	..	..	..	..
	2.0	0.80	2.46	0.09	0.65	1.12	1.24	1.64	..

으며 나아가 그 함량비가 0.5인 조건에서는 대체로 (200) + (111) 혼합조직을 형성함을 알 수 있었다. Lee 등¹⁰⁾의 이론에 의하면 전착층의 우선방위는 음극과전압과 결정격자표면에너지의 상관 관계에 의하여 결정되며 따라서 FCC 결정구조의 전착층인 경우 음극과전압이 낮은 전해조건에서는 격자표면에너지가 가장 높은 (110) 격자면의 우선방위가 형성되며 과전압의 증가에 상승하여 (100) → (111) 우선방위의 순서로 변화됨을 제안한 바 있다. 따라서 본 실험결과 욱중의 Sn 함량비와 전류밀도의 증가에 따라서 음극과전압은 540-1170mV 범위에서 증가하였고 따라서 합금 도금층의 우선방위는 음극과전압이 증가에 상승하여 Fig. 9에서 알 수 있는 바와 같이 (220) - (200) - (200) + (111) 혼합방위의 순서로 변화된 결과를 나타내었다. 따라서 본 우선방위의 변화결과는 Lee의 해석에 대체로 부합함을 알 수 있었다.

한편 욱중의 글루콘산나트륨의 첨가량이 0.3-

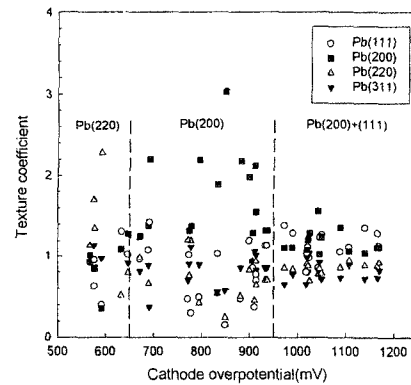


Fig. 9 Texture coefficient of Pb phase Pb-Sn alloy deposits vs. cathode overpotential

0.7M/L 범위에서 전류밀도가 0.5A/dm²에서 -2.0A/dm²으로 증가함에 따라서 합금층의 우선방위는 Table 3과 같이 (220) - (200) - (200) + (111) 혼합방위의 순서로 변화되었으나 글루콘산나트륨의 첨가량의 변화가 우선방위변화에 미치는 영향은 거의 없음을 알 수 있었다. 이 결과는 Fig. 1-b의 결과와 같이 그 첨가량 범위에서는 음극과전압의 변

Table 3. Texture coefficient of reflection planes of Pb-Sn alloy deposits according to sodium gluconate concentration in bath

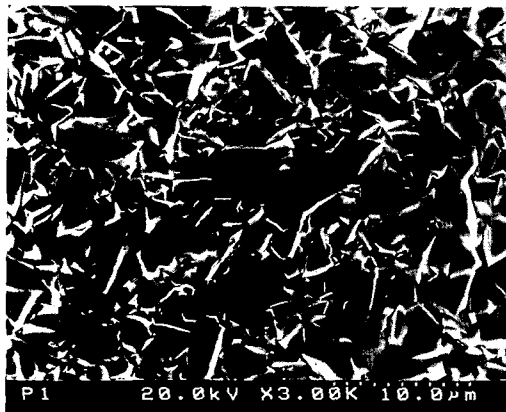
Sn/ (Pb+Sn) ratio	Current density (A/dm ²)	Texture coefficient of reflection planes							
		Pb Phase				Sn Phase			
		(111)	(200)	(220)	(311)	(200)	(101)	(220)	(211)
0.5	0.5	1.08	1.38	0.66	0.88	..	..	..	..
	1.0	1.10	1.29	0.71	0.90	0.88	0.98	1.12	1.02
	1.5	1.15	1.36	0.67	0.82	1.01	1.12	0.86	1.01
	2.0	1.29	1.11	0.87	0.73	1.01	1.04	1.10	0.86
0.4	0.5	0.76	1.45	0.98	0.81	..	..	..	..
	1.0	0.47	2.18	0.50	0.85	..	..	..	..
	1.5	1.04	1.18	0.80	0.98	1.01	0.93	1.15	0.91
	2.0	1.36	1.04	0.88	0.72	1.22	0.88	1.25	0.66
0.3	0.5	0.82	1.48	0.79	0.91	..	..	..	..
	1.0	0.16	3.03	0.24	0.57	..	..	..	..
	1.5	1.29	1.11	0.83	0.77	1.28	0.91	1.07	0.74
	2.0	1.12	1.06	0.94	0.88	0.92	1.11	1.13	0.83
0.25	0.5	0.40	0.35	2.28	0.97	..	..	..	..
	1.0	0.50	2.19	0.42	0.89	..	..	..	..
	1.5	1.04	1.42	0.70	0.85	..	..	..	..
	2.0	1.07	1.44	0.78	0.71	1.28	1.11	0.84	0.77
0.2	0.5	0.62	0.54	1.70	1.14	..	..	..	..
	1.0	0.47	1.62	1.21	0.70	..	..	..	..
	1.5	0.77	1.58	0.64	1.01	..	..	..	..
	2.0	0.80	2.46	0.09	0.65	1.12	1.24	1.64	..

화가 매우 미소한 결과에 기인한 것으로 판단된다.

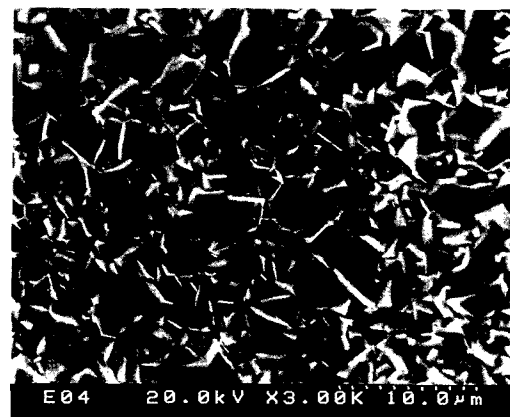
전해조건에 따른 합금도금층의 표면조직은 Fig. 10의 결과와 같이 합금도금층의 조성과 우선방위의 변화와 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있었다.

합금도금층의 우선방위가 (220)인 경우 표면조

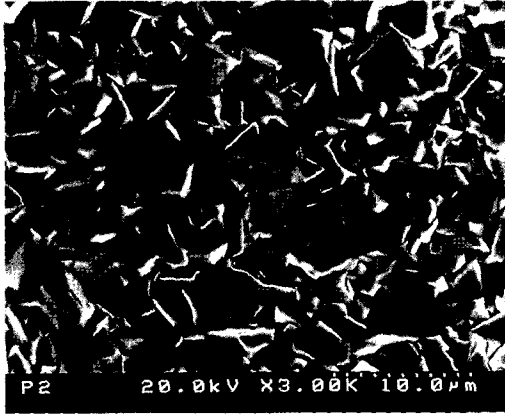
직은 Fig. 10-a,b과 같이 결정립의 크기가 불균일하고 기지에 경사진 판상모양의 결정립으로 구성된 조직을 나타내었다. 한편 (200)우선방위의 합금경우는 Fig. 10-c, d와 같이 다소 조대한 피라미드모양의 결정립으로 이루어진 표면조직을 나타내



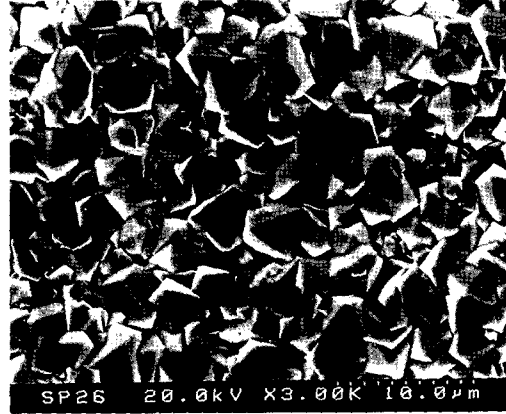
(a) Sn/(Pb+Sn) = 0.2, 0.5A/dm²
(220) 7.0wt% Sn



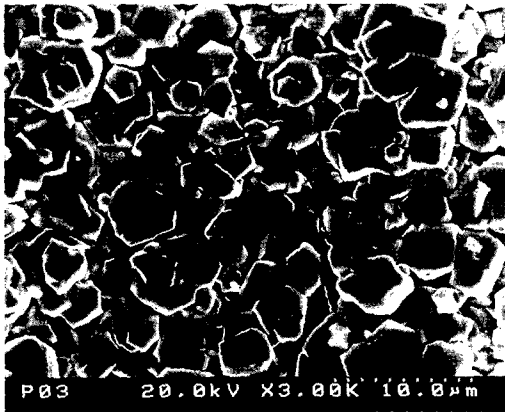
(b) Sn/(Pb+Sn) = 0.25, 0.5A/dm²
(220) 7.3wt% Sn



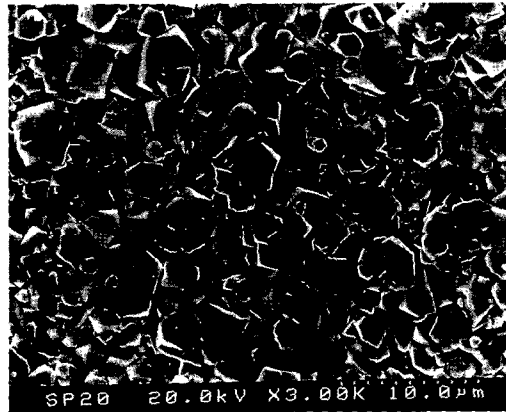
(c) Sn/(Pb+Sn) = 0.2, 1.0A/dm²
(200) 9.3wt% Sn



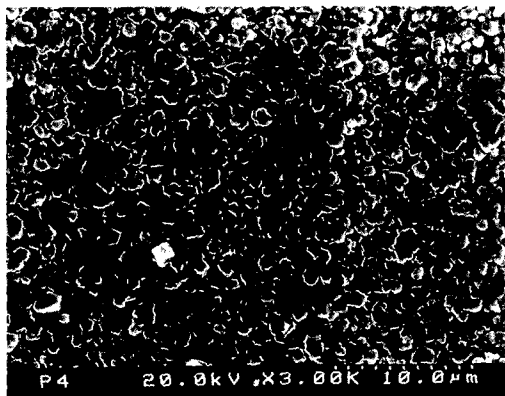
(d) Sn/(Pb+Sn) = 0.3, 1.0A/dm² (200)
11.9wt% Sn



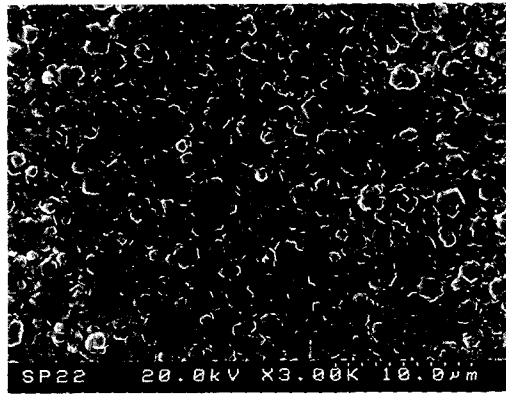
(e) Sn/(Pb+Sn) = 0.3, 1.5A/dm²
(111) + (200) 9.3wt% Sn



(f) Sn/(Pb+Sn) = 0.4, 1.0A/dm²
(200) + (111) 16.3wt% Sn



(g) Sn/(Pb+Sn) = 0.3, 2.0A/dm²
(111) + (200) 27.9wt% Sn



(h) Sn/(Pb+Sn) = 0.4, 2.0A/dm²
(111) + (200) 35.6wt% Sn

Fig. 10. Scanning Electron Micrographs of Pb-Sn alloy deposits

었다. 또한 (200) + (111) 혼합방위를 갖는 경우는 전착층의 Sn함량에 따라서 각각 상이한 표면특징을 나타내었다. Sn함량이 16-20% 범위에서는 전착층은 Fig. 10-e, f와 같이 다소 조대한 피라미드 모양 및 기지에 나란한 결정표면을 가진 결정들로써 혼성된 조직을 나타내었으며 특히 후자의 결정립들은 (111) 우선방위를 갖는 경우에 상응한 것으로 판단된다. 그러나 Sn함량이 28-46%인 합금의 경우는 Fig. 10-g, h와 같이 둥근모양의 미세한 결정립으로 구성된 평활한 표면조직을 나타내었다. 이 결과는 합금층의 Pb상이 혼합방위를 형성한 동시에 β -Sn상이 상당량 혼성됨으로써 상이한 결정립들의 경쟁적 성장에 의하여 결정성장이 다소 억제됨으로써 미세한 결정립의 표면조직을 형성한 것으로 판단된다.

4. 결 론

글루콘산염을 사용한 Pb-Sn합금도금층의 조성 및 조직특성에 미치는 전해조건의 영향을 연구한 결과는 다음과 같다.

1) 음극전류효율은 70-94% 범위로서 욕중의 Sn함량비 및 EDTA등 첨가제 함량이 증가할수록 저하되었고 pH 및 온도가 증가할수록 향상되는 결과를 나타내었으며 기존의 붕불화욕에 비하여 그 효율은 다소 저하됨을 알 수 있었다.

2) 합금도금층의 Sn함량은 욕중의 Sn함량비가 증가함에 따라서 7-46wt%의 범위에서 증가하였고 EDTA 및 글루콘산나트륨의 첨가량이 증가할수록 각각 증가하거나 감소하였다. 또한 온도가 25℃에서 45℃로 증가함에 따라서 Sn함량은 감소하였다. 이상의 결과는 분극곡선의 측정결과로부터 정성적으로 설명될 수 있었다. 욕중의 Sn함량비와 온도가 각각 0.2-0.3 및 35-45℃조건에서 10wt% Sn조성에 근접한 Pb-Sn합금도금을 얻을 수 있었다.

3) 합금도금층의 우선방위는 전해조건에 따른 음극과전압이 증가함에 따라서 (220) → (200) → (200) + (111) 혼합방위의 순서로 변화되었고 이 결과는 Lee등의 이론에 대체로 부합됨을 알 수 있었다.

4) 합금도금층의 표면조직은 우선방위와 합금조성에 밀접한 연관성이 있었다. 합금의 Pb상의 우선방위가 (220) 및 (200)인 경우 각각 기지에 경사진 판상모양 및 다소 조대한 피라미드 모양의 결정립으로 구성된 표면조직을 나타내었으며 합금의 Sn함량이 28-46%로 높고 동시에 (200) + (111) 혼합방위를 갖는 합금도금층은 둥근모양의 미세한 결정으로 이루어진 평활한 표면조직을 나타내었다.

참고문헌

1. W.H. Safranek : AESF (1986) 229
2. J.S. Kim, S.I. Pyun and H.G. Lee : Plat & Surf. Finishing, 79 (8) (1989) 50
3. Y.S. Sadan and Z.H. Zhang : Surface & Coating Technol., 38 (3) (1989) 299
4. R. Nardyan and G. Devraj : Surface Technology, 18 (1) (1983) 77
5. T. Sonoda, M. Sugimoto and H. Nawafune : J. of surface Finishing of Japan, 41 (1990) 922
6. T. Sonoda, H. Nawafune and S. Mizumoto : Plat & Surf. Finishing, 82 (1995) 66
7. S. Matsumoto, Y. Nakano & D. Hujinai : Japan Patent, J 1194196 (1986)
8. M.H. Mueller, W.P. Chernock and P.A. Becki : Trans. TMS-AIME 212 (1958) 39
9. D. Radovic : Plat & Surf. Finishing, 76 (1) (1989) 52
10. G.C. Ye and D.N. Lee : Proc. Chemical Metallurgy - Attribute to Carl Wagner, TMS AIME (1981) 493