

스탬핑 리드프레임의 전해 연마 가공조건에 관한 연구

A Study on the Process Condition of Electropolishing for Stamping Leadframe

신영의*, 김경섭**, 김현희*, 류기원**, 장의구***

(Young-Eui Shin*, Kyung-Seob Kim**, Heon-Hee Kim*, Ki-Won Ryu**, Eui-Goo Chang***)

Abstract

The leadframe of thin plate fabricated by stamping method generates a lot of burr and stress in the processing surface because of the mold. The electropolishing equipment was produced in order to increase accuracy and surface roughness for 42%Ni-Fe leadframe. An electrolyte consisted of phosphoric acid, ethylene glycol and deionized water. Experiments were accomplished as polishing conditions were changed such as current density, polishing time, electrode gap and sample shape. The burr from the cutting was eliminated and surface characteristics of high flatness and high luster were obtained after electropolishing. In addition, the electropolishing had good characteristic in 1.0 A current density and 4 mm of electrode spaces, and it was affected by the composition of electrolyte and the sample shape.

Key Words : Electropolishing, Leadframe, Current density, Roughness, Burr

1. 서 론

전해 연마(electropolishing)는 전해액 속에 공작물을 양극, 공구를 음극으로 하여 전류를 인가하면, 전해액과 전극간의 전기적, 화학적인 반응을 이용하여 대상 공작물의 표면에서 금속 용출을 이용해 금속 표면의 광택과 평활 및 내식성 등을 향상시키는 가공 방법이다[1]. 시편과 전극을 전해액에 침전시키고 전류를 인가하면 양극에서는 미량의 산소가스가 발생하면서 금속의 용해가 이루어진다.

전해 연마의 프로세스로는 다음과 같은 것들이 제

안되어 왔다. 전해 연마는 인가된 전류의 세기와 시간의 곱에 비례하여 금속이 용해된다는 페러데이 법칙을 기본으로 하고[2], Jacket이 제안한 모델로서, 금속 표면의 거칠기에 따라 전류 밀도가 다르기 때문에 전해 연마 과정에서 용해된 금속이온과 전해액의 반응에 의해 형성된 막이 연마 효과를 결정한다는 양극막 모델(anodic film model)과 이로 인해 금속 표면의 계곡 부분보다는 피크 부에서 더 많은 금속이 용해되는 선택적 용해(selective dissolution) 현상이 발생하게 된다[3]. 그리고 전해연마 결과에 큰 영향을 미치는 많은 요소들 중에서 사용하는 전해액과 대상 금속간의 확산과 흡착(diffusion and absorption)을 고려해야 보다 적절한 연마 결과를 얻을 수 있다[4].

거시적 관점의 부드러움(macrosMOOTHING)은 전기적 전위의 변화율과 거친 면에서 전하 집중의 변화

* : 중앙대학교 기계공학부

** : 여주대학교 전자과

*** : 중앙대학교 전기전자공학부

2000년 8월 23일 접수, 2000년 11월 1일 심사완료

울에 따른다. 반면에 미시적 관점의 부드러움 (microsmoothing)은 용해 과정에서 결정화적인 요인의 억제(suppression) 결과이다. 최적 과정은 질량 유동의 제어를 적절히 함으로써 이루어진다[5]. 위의 2가지 현상에서 전류의 분배 문제와 관련된 평탄화 효과(levelling effect)는 1 μm 이상의 거칠기가 제거 되는 것으로 거시적 연마와 관련이 있으며, 광택 효과(brighting effect)는 1 μm 미만의 거칠기가 제거 되는 것으로 미시적 연마와 관련 있다. 이 모두 금속과 전해액 사이의 질량 유동 제어(mass transport limitation)를 고려해야만 양호한 결과를 얻을 수 있다[6-7].

전해 연마의 장점은 비접촉식 방법으로 형상이 복잡하고 기계적 연마가 어려운 것이라도 적용이 가능하다는 것이다. 또한 저가의 장비를 이용하여 고품질의 제품 생산이 가능하기 때문에 반도체 제조 기기, 초순수 제조기, 의료 기기, 정밀 금형 등 표면의 정밀도와 청정도를 함께 요구하는 산업분야에 응용되고 있다. 그러나 연마 조건이 적절하지 않으면 에칭에 의한 영향을 크게 받고, 치수 정밀도가 중요한 제품의 경우 설계에서 계획된 정밀도의 정도를 벗어난다는 단점이 있다.

최근 반도체 산업의 발달로 재료의 정밀도와 청정도가 동시에 요구되어지고 있으며, 비접촉 연마 방식인 전해 연마의 필요성이 대두되고 있다. 반도체 패키지에 사용되는 주요 재료인 리드프레임(leadframe)은 반도체 제품의 소형화, 박형화, 고집적화에 대응하기 위해서 리드 및 피치의 미세화가 요구되며 제조 과정에서 발생하는 버(burr)의 제거와 잔류용액 제거에 대한 노력이 필요하나 이에 대한 연구는 미미한 실정이다[8-9].

따라서 본 논문에서는 스탬핑 방식으로 제작된 박판의 42%Ni-Fe 리드프레임을 대상으로 전해 연마에 따른 최적의 가공 조건을 전류 밀도, 연마 시간, 전극 간격, 시편 형상에 따라 고찰하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 재료는 (주) CHIPTRON에서 제조한 42%Ni-Fe 리드프레임이며, 화학적 조성은 표 1과 같다. 전해 연마의 가공특성을 실험하기 위해 설비를 그림 1과 같이 제작하고 시편(양극)과 전극(음극)을 전해액 내에 침전시킨 후 직류 전원 장치로 전원을 공급하였다. 그림 2는 실험에 사용된 시편의 형상과 치수를 나타낸 것이다. 실험에 사용된 전해액은 인산의 첨가가 상대적으로 많을수록 초

기 반응성은 좋으나, 식각에 의한 에칭 현상이 높았다. 또한, 부피비가 인산: 에틸렌글리콜: 무전해액(D.I. water)이 3: 1: 14의 비율로 구성된 혼합용액에서 리드프레임의 버 제거가 높았다. 인산을 주 용액으로 선택한 이유는 적절한 조건인 경우, 다른 강산에서 나타나는 부식, 침식, 산화 등이 없는 균일한 용해를 일으키기 때문이다. 극판은 구리 및 스테인리스를 이용하였으며, 실험 시편의 넓이보다 큰 것이 연마 효과가 높았다. 실험에서 초기 전해액의 온도는 상온(20±2℃)이며, 전해액의 점성과 용해된 금속 염(salt)에 따른 영향을 배제하기 위해 2 unit 실험 후 용액을 교환하였다. 리드프레임의 두께는 0.129±0.016 mm이고, 1 strip은 8 unit로 구성되었으며 1 unit 당 면적은 4.43 cm²이다. 실험은 전류 밀도, 연마 시간, 전극 간격, 시편 형상을 변화시켜 측정하였으며, 상세한 실험 조건은 전압, 전류, 전극 간격, 시간, 온도 등을 각각 10 V, 0.5~2.0 A, 3~10 mm, 4~5분으로 하였다. 전극은 스테인리스나 구리를 사용하였다.

실험에 사용된 시편은 제조 과정 중에 발생하는 미세한 버를 제거하기 위해서 실험 전에 무전해액을 이용하여 초음파 세척을 하였다. 전해 연마 후에는

표 1 42%Ni-Fe 리드프레임의 화학 조성
Table 1 Chemical composition of 42%Ni-Fe leadframe

Symbols for element	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Co	Al	Fe
Composition (%)	Max 0.02	Max 0.03	Max 0.06	Max 0.025	Max 0.025	40~43	Max 0.10	Max 0.50	Max 0.10	BAL

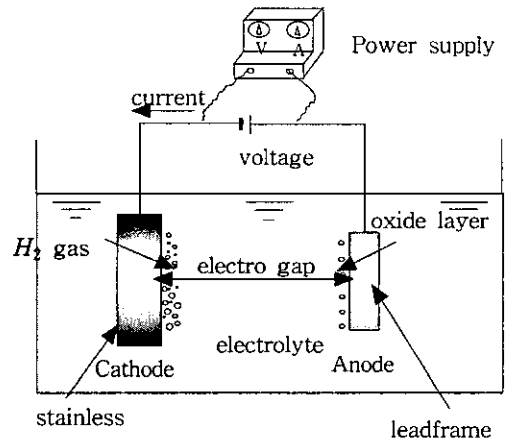


그림 1 전해 연마 장비의 개략도
Fig. 1 The schematic of electropolishing equipment

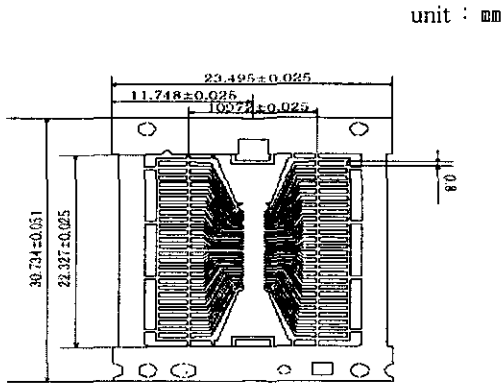


그림 2 시편의 형상과 치수
Fig. 2 The shape and dimension of leadframe

시편 표면에 잔존하는 소량의 전해액이 표면 기공으로 침투하여 부식 및 패키징 과정에서 칩(chip)과의 밀착성을 저해시킬 수 있으므로 초음파 수세 및 수산화 나트륨(NaOH 5%)에 5분간 중화과정을 거친 후 아세톤으로 초음파 세척을 하였다.

시편의 표면 거칠기(roughness)는 AFM(Atomic Force Microscope)을 이용하여 $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ 의 scan area에 대해서 제곱평균(root mean square, RMS) 거칠기를 측정하였고, 버의 제거 여부는 리드 끝단과 곡면 부분을 SEM(Scanning Electron Microscope)으로 관찰하였다. 또한 리드프레임의 형상에 따른 차이를 분석하기 위해서 리드프레임을 제작하기 전인 원판(raw metal)을 대상으로 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3는 전류: 1.0 A, 전압: 10 V, 연마 시간: 5 분, 전극 간격이 4 mm의 조건에서 전해 연마된 시편의 형상을 SEM으로 측정된 결과를 나타낸 것이다. 그림 3(a)는 전해 연마를 하기 전의 시편으로 타발이 되는 리드 끝 부분과 곡선 면 부분에서 버가 많이 발생하였으나, 전해 연마 과정을 거친 그림 3(b)는 이러한 버가 효과적으로 제거되었다. 또한 리드프레임의 전체적인 치수의 변화는 평균 $14.5 \mu\text{m}$ 로 반도체 조립공정에서 요구하는 두께 규격에 만족하는 결과를 얻었다.

그림 4는 전해 연마 전후에 리드프레임의 표면 거칠기를 AFM으로 측정된 것이고, 그림 5은 전류 세기에 따른 무게와 두께 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 저전류 조건에서 표면 거칠기를



(a) (b)

그림 3 전해 연마의 버 제거 효과 (a) 전 (b) 후
Fig.3 The electroplishing effect of removing burr
(a) before (b) after

측정한 결과 1 A의 전류 세기가 연마 조건으로 적합한 조건임을 알 수 있었다. 전류가 1 A일 때, 다른 실험 조건에서보다 두께의 감소가 적었고, 표면의 광택과 거시적인 표면 거칠기가 향상되는 효과가 있었다. 또한 전체적인 거칠기 향상에 따라 표면에 잔존하는 이물질 및 기계적인 슬러그 자국(slug mark)도 제거됨을 확인하였다. 그러나 RMS를 측정 한 결과, 전해 연마를 하기 전에는 78.38 nm에서 연마 후에는 89.6 nm로, 실험 후에 표면 거칠기가 증가하였다. 이와 같은 이유는 AFM 결과에서 보는 바와 같이 시편 표면에 많은 홀이 발생하여 RMS 값에 영향을 미치기 때문이다. 시편 표면에 홀이 발생하는 이유는 다음과 같은 것이 주요 원인으로 생각된다. 첫째로 전해 연마 과정 중에 금속 표면의 산화층 내의 금속이온은 주위의 전해액 보다 낮은 금속농도를 가지므로 농도차에 의한 삼투현상에 의해 금속이온이 전해액으로 이동하는 현상이 활발하게 진행되며, 양극 주위의 양극막이 높은 점성을 갖고 있으므로 새로운 용액의 공급을 방해한다. 따라서 산화층 내에 전해액과 접하는 바깥층의 금속 이온의 이동이 활발하게 이루어지지 못한다. 그러므로 본 실험에서와 같이 저전류로 공급되는 연마 조건에서는 전류의 분배가 효율적이지 못하여 전류가 인가되는 부분만 지속적으로 전류가 흐르게 되어 홀이 발생하는 것으로 생각된다. 둘째로 전술한 양극막은 조밀한 이중 전기막(compact film layer)과 다공막(porous film layer) 및 확산층의 세 부분으로 나누어진다. 이중 전기막은 금속이 산화되어 이온 상태로 다공막으로 유입되는 부분이고, 다공막은 음이온과 양이온이 결합하여 새로운 물질이 형성되어 침전물이 형성되는 층이다. 그리고 확산층에서는 확산과 전기장에 의해 시편에서 발생하는 금속 양이온(metal cation)은 전해액으로 확산(diffusion)하고, 음이온은 전기장에 의해 시편으로 이동(migration)한

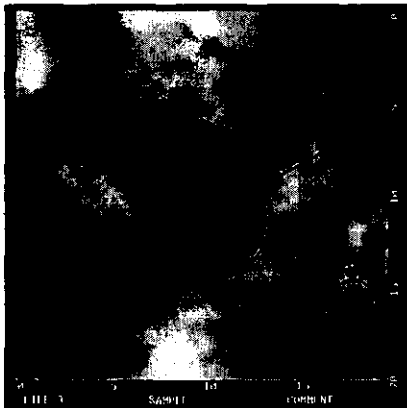
다. 그러나 저전류에서는 확산에 의한 영향이 전기장에 의한 영향보다 더 크게 작용하므로, 시편에서 나오는 금속이온의 양이 음이온의 양보다 훨씬 많게 되어 홀이 발생한다. 따라서 금속은 시간이 지날수록 에칭과 확산에 의한 영향을 크게 받게 된다.

하지만 이와 같은 미시적인 관점이 아닌 거시적인 관점으로 보면 거칠기가 양호하였다. 저전류에서는 장시간동안 전해 연마를 함으로써 전해 연마에 의한 효과보다는 에칭에 의한 효과가 더 큰 것을 알 수 있었다. 이를 억제하는 대안으로 전류의 세기를 높이고 연마 시간을 줄이면 에칭 효과를 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다. 형상이 복잡하고, 박판의 금

속을 대상으로 전해 연마를 하는 경우, 적절한 전해 연마 조건을 선정하는데 있어서 무게의 감소가 최대인 전해 연마 조건을 하나의 기준으로 사용할 수 있다. 그림 6은 전류: 1.0 A, 전압: 10 V, 극간 간격: 4 mm의 조건에서 시간에 따른 전해연마 변화를 나타낸 것이다.



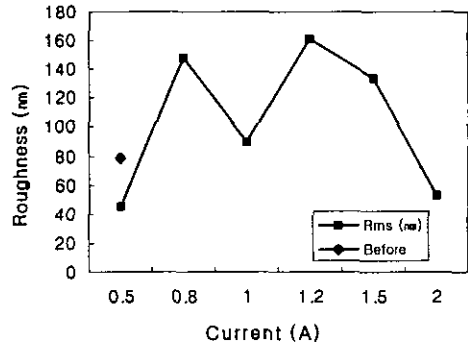
(a)



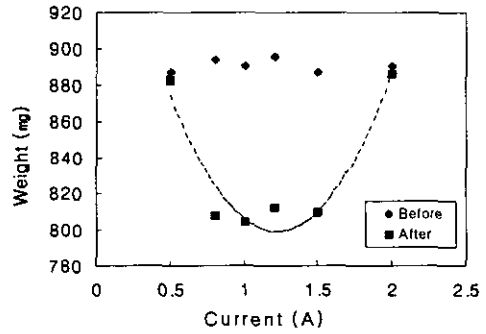
(b)

그림 4 전해 연마 전후의 AFM 결과 (a) 전 (b) 1 A, 10 V, 5 min, 4 mm

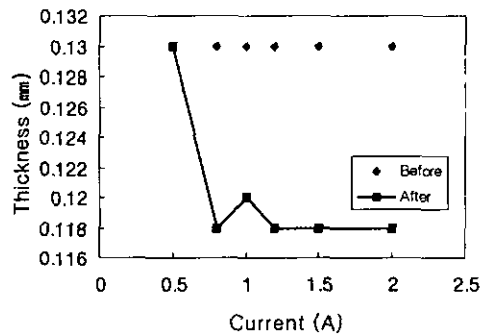
Fig. 4 AFM result of before and after electro-polishing (a) before (b) 1 A, 10 V, 5 min, 4 mm



(a)



(b)



(b)

(c)

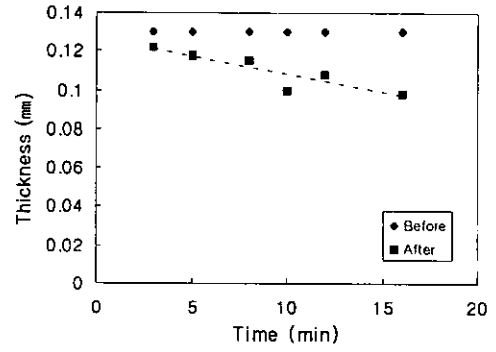
그림 5 전류 세기 변화에 따른 결과 (a) 거칠기 (b) 무게 (c) 두께

Fig. 5 The result according to changing applied

current (a) roughness (b) weight (c)
thickness

그림에서와 같이 전해 연마 시간이 경과할수록 RMS 값은 증가하였다. 그러나 연마 시간이 3분일 때 122.4 nm로, 5분에서의 124.4 nm보다 작았으나, 3분에서는 표면의 광택이 나쁘고 버가 제거되지 않아 연마 효과는 5분보다 떨어짐을 알 수 있었다. 따라서 전해 연마 시간은 5분이 효과적이다. 또한 연마 시간에 따른 무게 변화는 890.5 mg에서 804.4 mg로 시간에 비례하여 감소하는 경향을 보였고, 무게도 시간이 증가함에 따라 감소 폭이 증가하였다. 이는 위에서 언급한 바와 같이 시간이 길수록 에칭에 의한 효과가 크다는 것을 보여주고 있다. 그러나 전해 연마 시간이 짧으면 표면에 버가 많이 남게 되어 전해 연마가 효과적이지 못하였다.

그림 7은 전류: 1.0 A, 전압: 10 V, 연마 시간: 5분의 조건에서 전극 간격을 변화시키면서 실험한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 무게 변화가 전극 간격에 따라 차이가 없었다. 또한 리드프레임의 두께 역시 차이가 없었다. 하지만 전극 간격

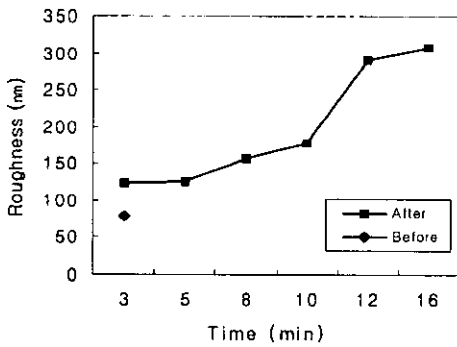


(c)

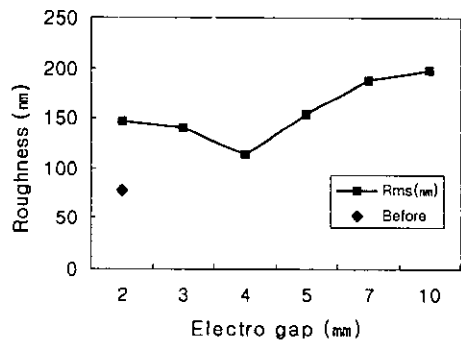
그림 6 전해 연마 시간 변화에 따른 결과 (a) 거칠기 (b) 무게 (c) 두께

Fig. 6 The result according to changing applied time (a) roughness (b) weight (c) thickness

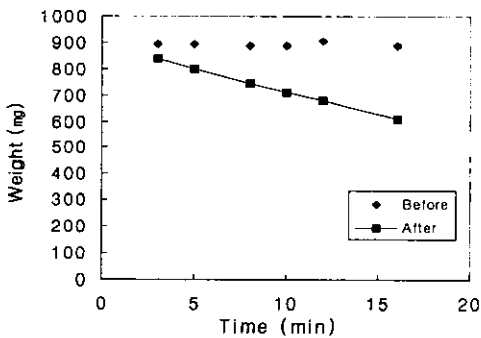
이 4 mm 이내의 경우에 점성막의 영향으로 연마 효과가 좋지 않았고, 5 mm 이상의 간격에서는 전류가 2 A 이상에서도 연마 효과가 향상되지 않음을 확인하



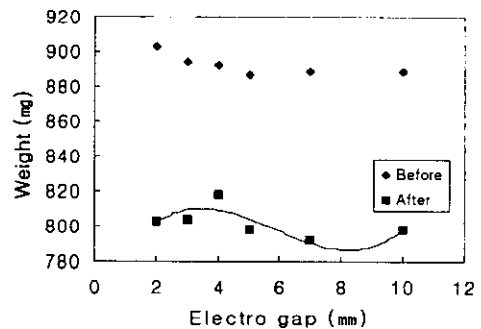
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 7 전극간격에 따른 결과 (a) 거칠기 (b) 무게
 Fig. 7 The result according to changing applied electro gap (a) roughness (b) weight

였다. 따라서 전극 간격은 4 mm가 적절한 것으로 생각된다.

표 2는 리드프레임의 형상에 따른 영향을 분석하기 위해서 원판을 대상으로 실험한 결과를 나타낸 것이다. 그림 6과 표 2에서와 같이 원판은 리드프레임이 감소한 무게량 보다 작은 감소 폭을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 전류 세기가 2 A인 경우 리드프레임의 무게 변화량과 다르게 원판의 경우에는 무게가 증가하였다. 이와 같이 형상이 단순한 원판을 전해 연마하면 리드프레임 시편과 상이한 결과를 보였으며, 이는 전류의 분배가 시편의 형상에 따라 다르기 때문으로 생각된다.

표 2 Bare plate의 무게 변화

Table 2 The change of weight at applied bare plate

Current(A)	Before(mg)	After(mg)	$\Delta W/W(\%)$
0.5	1003	973	-3.0
1.0	1004	996	-0.8
1.5	1005	995	-1.0
2.0	1000	1004	+0.4

4. 결 론

본 연구에서는 박판의 42%Ni-Fe 리드프레임에 전해 연마 기술을 적용하여 정밀도 향상과 최적의 가공조건에 대해서 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전해 연마는 리드프레임 제조 과정에서 타발에 의해 발생하는 버를 제거하는데 효과적이었다
2. 전해 연마 조건에서는 전해액과 전류밀도에 의한 영향이 크며, 저전류 보다는 고전류에서 효과가 클 것으로 생각된다.
3. 전해 연마에 가장 큰 영향을 미치는 전류의 세기는 1.0 A이며, 이 때 거칠기는 89.6 nm이었고, 무게 감소 양은 86.1 mg으로 최대를 보였다.
4. 시편의 형상에 따라 많은 영향을 받았으며, 박판

의 리드프레임 구조에서는 리드 형상이 복잡할 수록 전해 연마 량이 많아짐을 알 수 있었다.

5. 무게의 감소가 최대인 전해 연마 조건과 RMS값이 가장 크게 향상되는 전해 연마 조건이 같음을 확인하였다. 또한 박판, 경량의 리드프레임과 같은 시편을 대상으로 전해 연마 가공특성을 판단할 때 무게의 감소량이 최대가 되는 연마 조건이 적절한 전해 연마 조건이라 생각된다.

향후에는 고전류 조건에서 전극 간격, 시간에 따른 영향, 잔류응력의 저감 효과에 대해서 연구하여 초정밀 가공과 생산성 향상이 가능하도록 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 엄희택, 이주성, "도금·표면 처리", 문운당, pp.116~119, pp.418~421, 1999.
- [2] 조성희, "일반화학", 형설출판사, pp.194~196, 1998.
- [3] J. F. Aebersold, P. A. Stadelmann, "Rotating disk electropolishing technique for TEM sample preparation", Elsevier, Ultramicroscope 62, pp.157~169, 1996.
- [4] Tadeusz Hryniewicz, "Concept of micro smoothing in the electropolishing process", Surface and Coatings Technology, 64, pp.75~80, 1994.
- [5] D. landolt, "Review Article: Fundamental aspects of electropolishing", Electrochemica Acta, Vol 32, pp.1~11, 1987.
- [6] Ying Kang and Jacob Jorn, "Photo electrochemical dissipation of N-type silicon", Electrochemica Acta, Vol. 43 No. 16 pp.2389~2398, 1997.
- [7] Roberto Vidal and alan C. West, "Copper electropolishing in concented phosphoric Acid", Experimental findings, II. Theoretical interpretation, J. Electrochem. Soc., Vol, 142, No. 8, pp.2682~2694, 1995.
- [8] 김경섭, 신영희, "와이어 본딩시 본딩 패드 리프트 불량에 관한 연구" 한국전기전자재료학회 pp.1079~1083, Vol. 11. No. 12, 1998.
- [9] 김상용, 서용진, "슬러리와 패드변화에 따른 텅스텐 플러그 CMP 공정의 최적화", 한국전기전자재료학회, pp.568~571, Vol. 13, No. 7, 2000.