

TAB 테이프 제조를 위한 구리 도금 및 에칭에 관한 연구

김남석, 강 탁, 윤일표*, 박용수*

서울대학교 금속공학과, *연세대학교 금속공학과

Cu Electroplating on Patterned Substrate and Etching Properties of Cu-Cr Film for Manufacturing TAB Tape

N. S. Kim, T. Kang, I. P. Yun*, and Y. S. Park*

Dept. of Metall. Eng., Seoul National University, Seoul 151-742

* Dept. of Metall. Eng., Yonsei University, Seoul 120-749

Abstract

Cu-Cr alloy thin film requires good quality of etching be used for TAB technology. The etched cross section was clean enough when the etching was performed in 0.1M FeCl₃ solution at 50°C. The etching rate was increased with the amount of KMnO₄. For enhanced profile of cross section and rate, the spray etching was found to be superior compared to the immersion etching. A series of experiments were performed to improve the uniformity of the current distribution in electrodeposition onto the substrates with lithographic patterns. Copper was electrodeposited from quiescent-solution, paddle-agitated-solution, and air-bubbled-solution to investigate the effect of the fluid flow. The thickness profile of the specimen measured by profilometry has the non uniformity at feature scale in quiescent-solution, because of the longitudinal vortex roll caused by the natural convection. However, uniform thickness profile was achieved in paddle-agitated or air bubbled solution.

1. 서 론

칩과 외부를 연결하는 방법으로는 크게 와이어 본딩을 이용하는 방법, TAB(Tape Automated Bonding^{1, 2)})을 이용하는 방법, 솔더 패드를 이용하여 솔더링하는 FCSB(Flip Chip Solder Bonding³⁾) 방법이 있다. 와이어 본딩은 플라스틱 패키지의 경우 Au, 공정 온도가 높은 세라믹 패키지의 경우는 Al과 같은 물질의 와이어 형태를 이용하여 칩의 패드와 리드 프레임을 연결하는 방법으로 현재 많은 기술이 축적되어 있으며 가장 광범위하게 사용

되는 기술이지만 실장 밀도가 증가하고 소형화, 고속도화가 될수록 와이어의 지름 및 본딩을 위한 장치상의 문제로 실장 밀도의 증가가 한계에 다다르게 된다. 따라서 이와 같은 고밀도, 고속도, 경박 단소를 위해서는 좀더 실장 밀도를 증가시킬 수 있는 패키징 기술이 필요하게 된다.

TAB기술은 화학적, 기계적, 열적으로 안정한 폴리이미드 중합체 필름위에 미세 회로선을 형성하여 칩의 본딩 패드와 연결하는 방법으로 와이어 본딩에 비해 고밀도를 이룰 수 있다.

TAB기술은 여러 공정으로 이루어져 있으며 그

중 한 부분으로써 미세 회로선을 형성하는 공정이 있다. 접착층으로 Cr, Ti을 증착한 후 구리 도금을 위한 Cu를 증착하고 사진 식각법으로 PR 패턴을 형성한 후 전기 도금으로 4 μ m정도의 구리막을 형성시킨다. 그러나 본 연구에서는 접착층으로는 접착력과 연성 및 전기적 특성을 위해 Cu-Cr합금박막을 사용하였다.

Cu-Cr 합금박막을 TAB의 접착층으로 이용하기 위해서는 에칭 특성이 우수해야한다. 에칭특성에 영향을 주는 인자로는 에칭액의 종류, 에칭액의 농도와 온도등이 있다. 일반적으로 화학 에칭시에는 등방 에칭이 일어나기 때문에 에칭 단면에 심한 언더컷팅이 나타나게 된다.

따라서 이러한 등방 에칭을 줄일 수 있는 에칭 방법을 연구하는 것은 매우 중요하다.

또한 패턴위의 도금시 정지 용액에서 도금을 하면 도금층의 두께 차이가 현저히 나타나며 이는 교반 용액에서의 전착에 비해 저면에서의 농도 차이가 커지며 확산층의 두께도 상대적으로 커지기 때문이라 할 수 있다. 더욱이 패턴이 형성된 경우와 형성되어 있지 않은 경우의 전기 도금시 나타나는 두께의 변화는 상당히 다른데 이는 전기 화학 반응에서 전극의 위치마다 국부 전류 밀도가 위치에 따라 다르기 때문이다. 이 차이로 인해 도금 두께가 불균일해지고 도금막의 성질이 저하될수 있다. 따라서 교반 양상에 따라 패턴이 형성된 기판에서의 도금 두께를 통해 유동 효과를 알아 보고 균일 전착을 위한 방법을 꾀하였다.

2. 실험방법

2.1 에칭 실험

본 실험에서는 금속 박막과 폴리이미드간의 계면 접착력이 우수한 것으로 알려진 16wt% Cr-Cu합금박막을 RF sputtering 장비를 이용하여 1 μ m의 두께로 성막한 시편을 사용하였다. 각각의 시편은 Etch resister(산화 chemistry company, D/A 308B)로 패턴을 형성한 후 에칭을 실시하였다. 용액의 에칭 선택성을 알아보기 위하여 에칭 용액으

로 Cu에칭시 사용되는 FeCl₃⁽⁴⁾ 용액과, FeCl₃에 Cr에칭시 사용되는 KMnO₄⁽⁵⁾를 첨가한 용액을 사용하였으며, 에칭 용액의 온도 증가에 따른 에칭 양상의 변화를 알아보기 위하여 25°C, 40°C, 50°C의 FeCl₃용액에서 에칭을 실시하였다. 에칭 방법으로는 에칭 용액에 시편을 직접 담귀 에칭하는 침지 에칭법과, 30psi의 분사압력으로 에칭 용액을 분사시켜 주는 스프레이 에칭법을 선택하였다. 에칭 용액의 농도 변화에 따른 에칭 양상의 변화를 알아보기 위하여 용액의 농도를 달리하여 에칭을 실시하였다. 에칭후 시편의 에칭 단면을 광학 현미경과 주사 전자 현미경으로 관찰하였으며, 에칭시에 녹지않고 남아있는 부분을 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)를 사용하여 Cr과 Cu의 상대적인 양을 비교하였다.

2.2. 패턴상의 전기 도금

미세 회로선 형성을 위한 전기 도금용 전극은 3인치 글라스위에 접착층으로 Cu-Cr을 2,000Å 증착한 후 구리 전기 도금을 위한 전도층으로 2,000Å의 Cu층을 증착한 Glass/Cu-Cr/Cu를 이용하였다. 증착된 시편을 Hoechst사의 AZ 4562 후막 제조용 posi형 PR을 Model ASS-303 (ABLE Co. Ltd.) 스핀 코터를 이용하여 PR을 입힌후 105°C에서 1분 20초간 DHP(Direct Hot Plate) 방법으로 soft baking을 하였다. 그후 노광기를 이용하여 25초간 자외선을 조사한후 AZ 351현상액을 증류수로 3배 희석하여 현상후 115°C, 30분간 hard bake를 하여 약 6 μ m의 두께로 패턴된 Glass/Cu-Cr/Cu 전극을 얻었다.

이때 쓰인 AZ 4562 PR과 AZ 351현상액의 특성은 표1, 표2와 같다.

Table 1. Properties of AZ4562 Photo-Resist

| 특 성 | AZ 4562 |
|------------------------|---------------|
| 고형 함유율(%) | 39.5 ± 1.5 |
| 동점도(25C, cSt) | 440 ± 60.0 |
| 흡광도/398nm($l/g, cm$) | 1.01 · ± 0.40 |
| 수분 함유율(%) | 0.50 |
| 용 계 | PGMEA 100% |

Table 2. Properties of AZ351 developer

| 외 관 | 무색투명 |
|--------------------------------------|--|
| 비중(25C/25C) | 1,083 ± 0.005 |
| Filtration | 0.2 micron absolute |
| Normality(mol/l) | RS1 : 0.470 ~ 0.490 RS2 : 1.379 ~ 1.402 |
| Turbidity | Max. 0.20 |
| Photo Speed 균일성 (DOP vs Standard) | -5% ~ 5% |

또한 노광시 사용한 패턴은 그림 1과 같으며 길이 13mm, 선폭 200 μ m인 선이 1,000 μ m간격으로 나란히 도금되도록 하였다. 이 선들 주위에는 두께 균일을 목적으로 주위에 보조 전극이 배치하였다. 패턴이 형성된 3인치 글라스 전극을 전해조에 패턴된 선이 수직하게 넣어 교반없이 도금을 하는 경우, 자석식으로 교반을 하며 도금하는 경우, 패들 셀⁶⁾을 이용하는 경우, 공기 교반을 이용하는 경우에 대한 실험을 하였다.

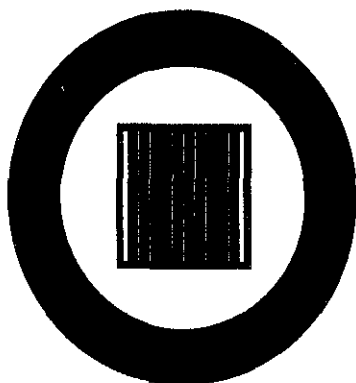


Fig. 1. Patterned Cathode.

이때 전해 조건과 용액 조성을 표3에 나타내었다. 도금을 한 시편은 Tencor Instrument사의 Alpha-Step 200 Profilometer를 이용하여 0.2s/ μ m의 샘플링 속도로 전착된 도금층의 두께 분포를 알아보았다.

Table 3. Solution Composition and Plating Condition

| 성 질 | 수 치 |
|----------------------------|---|
| 용액조성 | CuSO ₄ ·5H ₂ O : 200 g / l |
| | H ₂ SO ₄ : 25ml / l |
| | NaCl : 100mg / l |
| | Additives : 1.6ml / l (전욕용) 0.8ml / l (보충용) |
| 전류 밀도(mA/cm ²) | 120 |
| 음극과 양극의 거리(mm) | 67 |
| 도금층의 평균 두께(μ m) | 4 |
| 도금 시간(초) | 90 |
| 용액 온도(°C) | 15 |

3. 실험 결과

3. 1. 에칭 실험

스퍼터 하여 얻은 Cu-Cr 합금 박막은 Cr의 함량이 35wt%까지 높아지더라도 1.8mM FeCl₃ 용액에서 양극산화 시킬때 현저한 부동태 형성을 보이지 않았으나⁷⁾ 실제 FeCl₃용액에서 침지하여 에칭하면 에칭속도가 느리고, Cr이 많은 부분은 에칭되지 않고 남는것을 확인하였다.

폴리이미드 소지에 스퍼터 피복한 Cu-Cr 합금 박막의 접착력을 높이기 위해서는 Cr 함량이 10-20wt%에 달해야 하는데 이와 같이 Cr함량이 높은 합금 박막은 상온의 FeCl₃ 용액에 침지하여서는 완전한 에칭면이 얻어지지 않는다. 그림 2는 Cu-16wt%Cr 합금 박막을 상온의 1M FeCl₃용액에 침지하여 에칭한 결과의 주사 전자 현미경사진으로 에칭후에도 많은 금속부분이 남아 있음을 볼 수 있었다.

이때 남아있는 부분의 EDS 분석결과를 보면 Cr 함량이 Cu보다 많았다(그림 3).

그림 4은 FeCl₃농도를 0.1M로 낮추고 온도를 50°C로 하여 같은 합금 박막을 침지 에칭하였을 때의 사진으로 깨끗한 에칭면이 얻어진다.

또 2M FeCl₃ 용액에 0.5M KMnO₄를 첨가하여

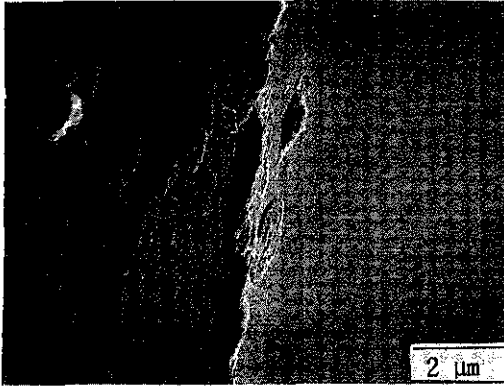


Fig. 2. SEM micrographs of immersion etched Cu-16wt%Cr alloy thin film in 1M FeCl₃ solution at 25°C.

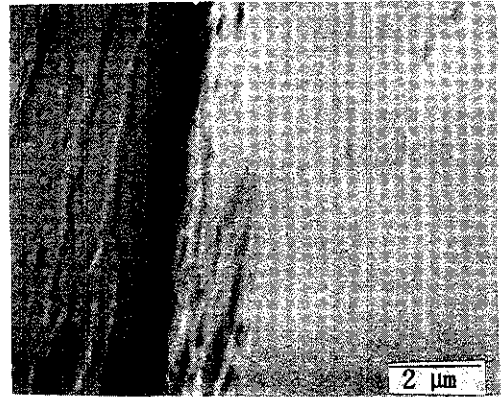


Fig. 4. SEM micrographs of immersion etched Cu-16wt%Cr alloy thin film in 0.1M FeCl₃ solution at 50°C.

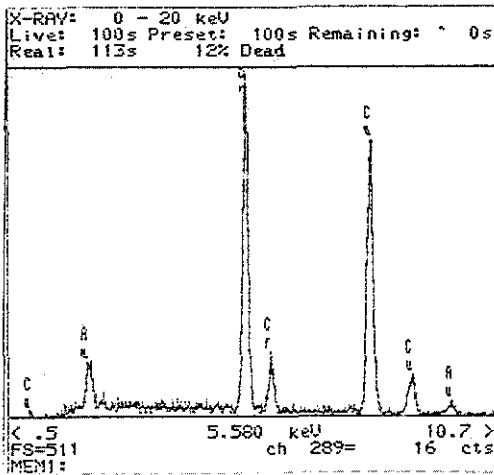


Fig. 3. EDS analysis of the undissolved area in the Fig. 1.

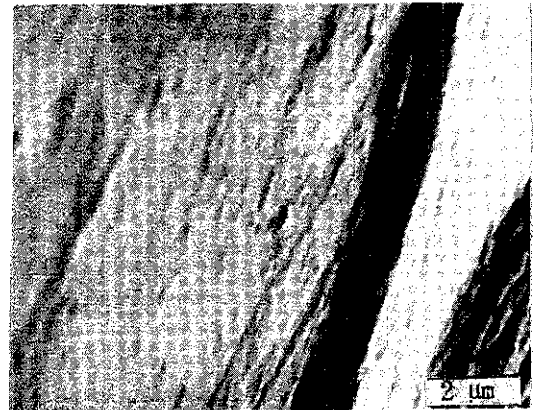


Fig. 5. SEM micrographs of immersion etched Cu-16wt%Cr alloy thin film in 2M FeCl₃ + 0.5M KMnO₄ solution at 25°C.

상온에서 침지 에칭한 결과는 그림 5와 같다. 이러한 결과로부터 Cr의 함량이 높은 Cu-Cr합금 박막을 에칭하기 위해서는 에칭액의 온도를 높이거나 또는 산화제를 같이 사용해야 한다는 것을 알 수 있었다.

한편 공업적으로 이용되고 있는 분무에칭법을 시도해본 결과는 그림 6과 같았다. 이 사진은 1M FeCl₃용액을 30psi의 분사압력으로 분무하여 Cu-16wt%Cr 합금 박막을 에칭한 결과로써 에칭 속

도는 매우 빨라 두께 1μm의 합금 박막이 15초 내에 모두 제거되며 에칭면도 깨끗해짐을 알 수 있다. 이는 에칭액을 분사해 주기 때문에 물질전달 속도가 빨라 전체 에칭 속도가 빨라지게 되고 또 완전 에칭되지 않은 잔존물이 분사압에 의해 제거 되는 것이라고 생각된다. 그러나 분사할 때의 분사 압력이 30psi를 초과하게 되면 에치 레지스터가 파괴되고 측면으로의 에칭이 일어나므로 오히려 깨끗한 에칭면을 얻을 수 없게 된다.

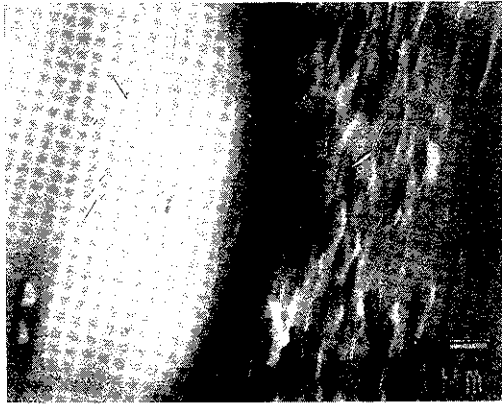


Fig. 6. SEM micrographs of spray etched Cr-16wt%Cr alloy thin film in 1M FeCl_3 solution at 25°C.

3. 2 도금층의 두께 양상

편평한 음극면에 도금을 하면 음극의 가장자리에 전류가 집중되어 중심부에 비해 두껍게 도금이 된다. 그림 1과 같이 패턴이 되어 있어 여러개의 선으로 나란히 도금이 되는 경우 가장자리에 있는 선들이 중앙에 있는 선들보다 더 두껍게 도금이 된다. 그러나 가장자리에 보조음극의 크기를 조절해 주면 도금되는 선들의 두께를 균일하게 해 줄 수 있다. 그림 7(a)는 교반을 하지 않은 정지 용액에서 도금을 할때 음극의 중앙에 위치한 선부터 가장자리에 있는 선까지 도금된 선의 두께를 측정할 알파 스텝 결과이다. 이때는 적절한 보조 음극을 설치함으로써 선들의 위치에 상관 없이 동일한 두께를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그런데 도금된 선들을 개별적으로 보면 각각의 선들이 대칭적인 도금 두께를 보이지 않고 오른쪽이 더 두껍게 도금되고 있음을 알 수 있다. 그림 7(b)는 선 한개의 두께 측정결과만 확대해서 나타낸것이다. 그리고 도금 실험을 반복하여 보면 동일한 조건으로 도금을 하여도 어떤 경우에는 왼쪽이 더 두껍게 되기도 한다. 이러한 도금층의 형태는 매우 특이하다. 도금이 될 때 1차적인 전류 분포의 영향만을 생각한다면 선의 가장자리는 그 주위의 차폐막 때문에 전류가 집중되어 중심부 보다 더 두껍게 도금되겠지만 그 형

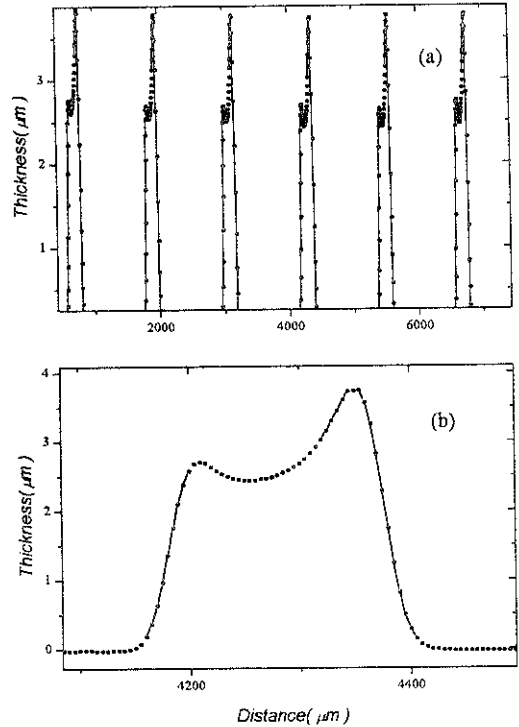


Fig. 7. Typical thickness profile of Cu electro-deposited in quiescent solution at 120 mA/cm^2 .

태는 대칭적이 되어야 한다. 만약 음극과 양극의 위치가 비대칭적이어서 양극이 음극의 오른쪽으로 치우쳐 설치되어 있다면 전류가 음극의 오른쪽으로 집중되어 도금층이 비대칭적으로 될수도 있겠으나 그림 7의 도금층은 양극과 음극을 대칭적으로 설치한 도금 결과이며 또한 양극과 음극의 배치를 비대칭으로 하여 도금을 하더라도 결과는 그림 7과 같이 주어지므로 이러한 도금두께의 비대칭성이 도금 조내의 전기장 분포차이에 의한 것만은 아님을 알 수 있었다. 음극을 설치할때 도금되는 선이 수직하게 되도록 하였는데 선의 높이에 따라 도금된 두께를 측정하여 보면 제일 하단부에서는 좌우 대칭 형태로 주어지고 위로 올라갈수록 오른쪽이 더 두껍게 도금되어 도금된 형태를 3차원적으로 도시하면 그림 8과 같이 된다. 도금을 할때 전류 밀도는 $120\text{mA}/\text{cm}^2$ 로 구리 석출의 한계전류에 가까운 큰 전류밀도로 정전류 도금 하였으므로 음극 표면에서의 용액에는 구리 이온이 고갈되어 자연대류가 일

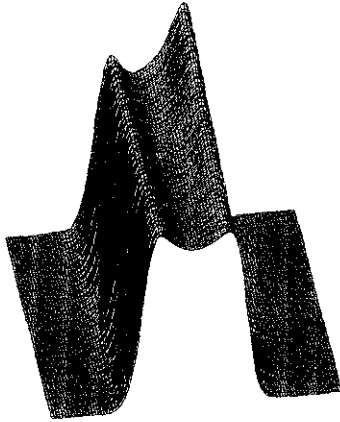


Fig. 8. Shape of electrodeposit of Cu in Quiescent solution.

어 날것이다. 자연대류의 영향을 고려한 전극 반응에 대한 연구는 Wagner⁸⁾를 위시하여 자연대류 조건하에서 한계전류에 대한 유체역학적 인자들의 영향을 조사한 연구들이 있다.⁹⁾ 그런데 음극 표면에서 자연대류가 일어나 가벼운 용액이 옆으로 회전하면서 위로 상승함이 알려져 있고 이를 정규 와동 현상으로 설명하고 있다.^{10, 11)} PR 차폐막의 패턴이 없이 음극 전면에 도금이 될때 정규 와동은 300 μ m 정도의 폭으로 반복되며 음극이 수직면으로 부터 15° 이상 기울져 있을 때만 관찰된다고 하였다. 그러나 Lloyd는 본 연구에서와 같이 규칙적인 절연벽이 있는 경우 10°보다 작은 각도를 가진때도 정규 와동이 일어남을 확인하였다.¹²⁾ 이러한 연구 결과를 본다면 이 연구에서 와동이 일어날 가능성을 예상할 수 있고 이러한 와동 흐름이 도금층의 비대칭성을 야기 한다고 생각된다. 용액의 유동 영향을 확인 하기 위해 도금액을 자석 교반 막대로 교반하면서 도금을 한 결과 그림 9와 같이 시계 방향으로 교반하면 도금선의 오른쪽이 더 두껍게 되고 반시계 방향으로 교반을 하면 왼쪽이 더 두껍게 도금된다. 도금을 할때 패들 교반을 하거나 공기 교반을 하여 어느 한 방향으로의 흐름을 주지 않으면 그림 10에 보듯이 대칭적 도금이 얻어진다. 이로부터 정지 용액에서 도금 할때 도금 두께가 비대칭적으로

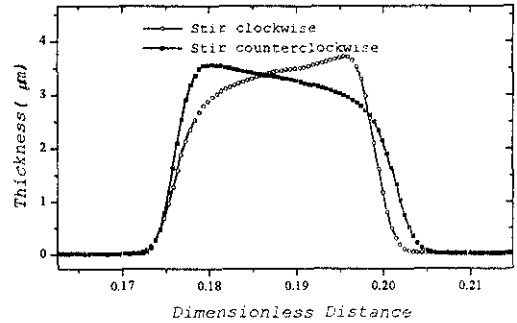


Fig. 9. Thickness distribution of Cu electrodeposited at 120mA/cm² as the stirring direction changed.

Pattern : 200 μ m width, 1,000 μ m pitch

200/1000 Circle Pattern, 120mA/cm², 4 μ m

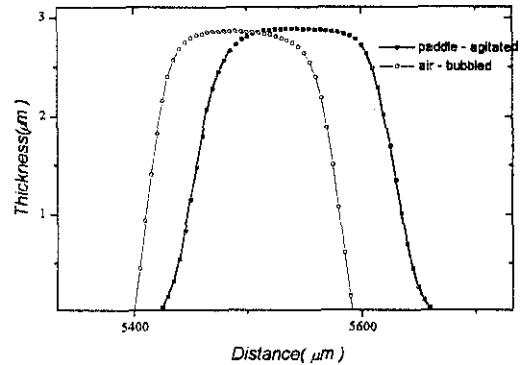


Fig. 10. Thickness distribution of Cu electrodeposited by air-agitated, air-bubbled solution.

되는 것도 용액의 와동 흐름때문이라는 것을 간접적으로 확인 할 수 있었다.

본 연구에서 사용한 산성 황산구리 도금 용액에서 도금 할때의 분극 곡선을 보면 그림 11과 같이 120mA/cm²의 전류밀도로 도금을 할때 음극의 전위는 자연대류 발생시 -0.57 V, 자석식 교반을 할때 -0.44 V로써 도금 속도가 확산의 영향을 크게 받음을 알 수 있다. 그렇다면 용액의 유동이 있을때 새로운 용액이 흘러 들어가는 쪽에서 도금의 두께가 더 커야 할텐데 실제 도금 결과는 그 반대로 됨을 알 수 있음을 그림 9에서 보았다. 이와같은 현상을 확인하기 위해 첨가제의 양을 달리 하며 분극 곡선 실험을 하여 그림 12의 결과를 얻었다.

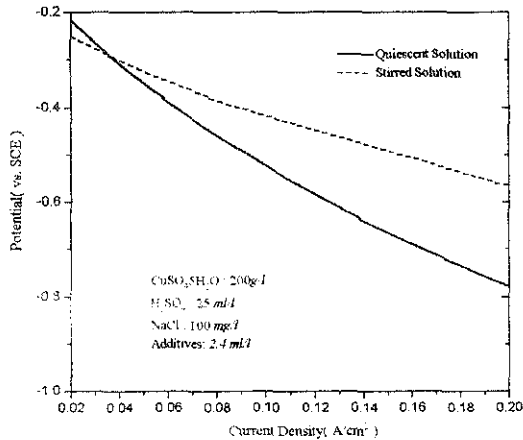


Fig. 11. Potentiodynamics curve of Cu in quiescent and stirred solutions.

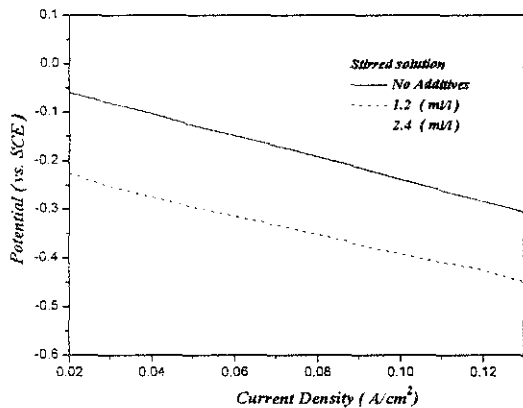


Fig. 12. Potentiodynamics curve of Cu with amount of additives.

그림에 나타난 바와 같이 첨가제의 양이 증가함에 따라 같은 전위에서 흐르는 전류량이 작아진다. 결국 교반의 방향에 따른 도금층의 두께 변화는 첨가제의 효과라고 할 수 있다. 새로운 용액이 흘러들어가는 곳에서 구리이온과 첨가제가 모두 유입되나 구리 이온농도에 비해 첨가제의 양이 워낙 작으므로 훨씬 빨리 고갈되기 쉽다. 결국 유입되는 부분에는 다른 부분에 비해 상대적으로 많은 양의 첨가제가 존재하게 되고 이로 인해 도금속도는 감소하게 될 것이다.

4. 결 론

폴리이미드와의 접착력 뿐 아니라 전기적인 특성 및 기계적인 특성을 위해 Cu-Cr 합금 박막을 이용하기 위해서는 합금 박막의 예칭 특성이 우수해야 하는데 FeCl_3 용액만을 예칭액으로 사용한 경우 용액의 농도가 증가함에 따라 예칭 속도가 증가하였으나, 2M FeCl_3 용액 농도에서도 깨끗한 예칭 단면을 얻을 수가 없었다. 그러나 예칭액의 온도를 올려서 예칭한 경우에는 50°C , 0.1M FeCl_3 용액에서도 깨끗한 예칭 단면을 얻을 수 있었다. 또한 2M의 FeCl_3 용액에 KMnO_4 첨가량이 증가함에 따라 예칭 속도가 증가하였고, 예칭 양상 또한 양호하였다. 스프레이 예칭과 침지 예칭을 비교해 본 결과 예칭 속도와 예칭 양상 모두에서 스프레이 예칭이 유리하였다.

패턴이 형성된 기판에 전기 도금을 할때 일반 평판 도금에서 일어나는 현상보다 미묘한 전류 밀도 분포가 나타난다. 또한 이와 같은 전류 밀도 분포는 전기장뿐만 아니라 용액의 유동에도 상당한 영향을 받는다. 여러가지 방법으로 유동을 영향을 본 결과 정지 용액에서의 전류 밀도 분포의 특성은 자연 대류에 의한 것이며 자연대류에 의한 첨가제 효과가 도금 두께 불균일을 가져온다. 이와같은 두께 불균일은 교반과 보조전극을 이용해 균일성을 이룰 수 있다.

후 기

본 연구는 교육부의 연구비(S307-93) 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Masao Hayakawa, Takamichi Maeda, Masao Kumura, Riley H. Holly and Tom A. Gielow : Solid State Technol., March (1979) 52
2. Dr. Rudolph G. Oswald, James M. Montante and William R. Rodrigues de Miranda :

- Soild State Technol., March (1978) 39
3. Wei H. Koh, S. Mayemura and W. Kuipers : Mat. Res. Soc. Symp. Proc., 203 (1991) 437
 4. ASTM Designation : E407-70 (1989)
 5. Gunter Petzow, Metallographic etching, American society for metals (1978)
 6. J. V. Powers and L. T. Romankiw, "Electroplating Cell Including Means to Agitate Electrolyte in Laminar Flow", U. S. Patent 3,652,442 (1972)
 7. 김 남석, 강 탁, 윤 일표, 박 용수 : 한국표면공학회지, 26(3) (1993) 149
 8. Wagner, C., J. : Electrochem. Soc., 95 (1949) 161
 9. Eisenberg, M., Tobias, C. W. and Wilke, C. R., : J. Electrochem. Soc., 100 (1953) 513
 10. Fouad, M. G. and Ahamed, A. M. : Electrochemica Acta., 14 (1969) 651
 11. Lloyd, J. R. Sparrow, E. M. and Eckert, E. R. G., : Int. J. Heat Mass Transfer, 15 (1972) 457
 12. Lloyd, J. R. and Sparrow, E. M. : J. Fluid Mech., 37 (1969) 251