



## 펄스법을 이용한 리드프레임의 니켈도금에 관한 연구

정원섭\*, 민병승, 임종주, 정우창

부산대학교 공과대학 재료공학부

## Study on Nickel Plating of Leadframe using Pulse Technique

W.S Chung\*, B.S Min, J.J Lim, U.C Chung

Div. material science & engineering, Pusan National University, 30 Jangjeon-Dong,  
 Geumjeong-Gu, Pusan 609-735, Korea.

(Received 22 April 2003 ; accepted 7 June 2003)

### Abstract

Electrodeposition of Ni was carried out on copper substrate from Ni Sulfamate bath by DC and high frequency pulse current. During the electroplating, bath temperature was steady 60°C, agitation was applied. Morphology and surface roughness of electrodeposits was investigated with the AFM. Crystalline structure of electrodeposits was investigated with XRD. Also, surface electric resistivity was investigated with 4-point probe.

The result of crystalline structure by X-ray diffractometer, in the case of DC, <200> direction was dominant growing direction. But in the case of PC, the ratio of <200> direction vs. other direction decreased. As the pulse frequency increased, the enhanced properties of deposits were shown. With increasing frequency, the degree of surface properties increased DC more than that of PC, eg. surface morphology, roughness and the degree of compactness of grains. With increasing duty cycle, the surface properties such as the degree of the morphology, roughness and electroconductivity was deteriorated.

*Keywords : Pulse Ni plating, Frequency, duty cycle, Leadframe*

### 1. 서 론

반도체 제조 과정의 효율적인 packaging과 생  
 산품의 고품질화를 위해서 리드프레임이 가져야할  
 특성으로서 표면 전도도, 기계적 강도, 내식성,  
 solderability와 낮은 열팽창률등이 있다. 이와 같  
 은 물성을 갖는 재료는 금, 백금, 파라듐과 같은  
 고가의 귀금속이기 때문에 리드프레임의 소재로는  
 물성이 비슷하면서도 저가인 구리, 구리합금,  
 Alloy42(Fe 58%+Ni 42%)와 같은 재료가 사용  
 되고 있다.<sup>1)</sup> 이들 재료는 전도도와 기계적 강도,  
 유연성, 가공성을 가지며 심한 변형을 받아도 균  
 열의 발생이 적다는 장점을 가진다. 그러나 이들  
 재료가 벌크상태에서 갖는 특성이 우수함에도 불

구하고 반도체 조립공정중이나 사용환경에서 소재  
 의 표면이 퇴화할 가능성이 크므로 현재 반도체  
 조립공정에서는 니켈과 팔라듐을 순차적으로 소재  
 에 도금하여 사용하고 있다.<sup>2)</sup> 니켈도금은 비교적  
 변색이 적고 경도가 적당하며 기계적 성질도 좋으  
 며 철강 및 구리합금 등에 직접 도금하여 방식과  
 장식용으로 사용되는 등 각종 소지 금속의 하지  
 도금으로서 널리 사용되고 있다. 니켈도금이 하지  
 도금으로 사용되는 경우 일차적으로 소지금속을  
 외부환경으로부터 보호할 수 있어야 하므로 가공  
 이나 변형에 의해 도금층 표면에 균열이 생겨서는  
 안된다. 또한 미세한 결정립과 표면조도가 낮은  
 우수한 표면물성을 가진 도금층을 제조 함으로써  
 고가의 팔라듐 도금층이 낮은 두께에서도 우수한

\* Corresponding author. E-mail : wschung1@pusan.ac.kr

물성을 가질 수 있다.<sup>3)</sup> 따라서 리드프레임의 소지를 보호하고 그 성능을 저하시키지 않으며 팔라듐 도금 전 소재의 표면상태의 제어에 의한 우수한 물성을 갖는 도금층을 확보하는 것이 필요하다. 이를 위해, 각종 첨가제를 사용하거나 도금욕의 종류를 바꾸거나 또는 도금욕의 사용조건을 변경하는 방법과 도금 시 인가전류의 파형을 바꾸는 방법들이 제안되고 있다.<sup>4,5)</sup> 본 연구에서는 이러한 방법 중에서 리드프레임에 하지도금으로 사용되는 니켈도금에 인가전류의 파형 변조 및 고주파 펄스 도금법을 사용하여 이에 따른 리드프레임에서 요구되는 물성들을 평가하는 것이 목적이다.

## 2. 실험방법

### 2.1 도금 소재와 전처리

니켈 전기도금에 사용된 소재는 압연 가공된 두께 0.3mm, 표면적 20.44cm<sup>2</sup>의 판상의 구리를 사용하였다. 소지금속의 전처리는 표면의 이물질과 유기물 등을 제거하기 위한 전해탈지를 60℃, 알칼리 전해탈지액에서 8V로 20초간 탈지하고, 증류수로 세척하였다. 그리고 황산계열의 활성화 용액(40g/L)에서 약 30초간 산세, 활성화 처리한 뒤 증류수로 수세하였다.

### 2.2 실험장치

욕내의 온도를 일정하게 유지시키고, 교반을 용이하게 하기 위하여 그림 1과 같이 도금장치를 사

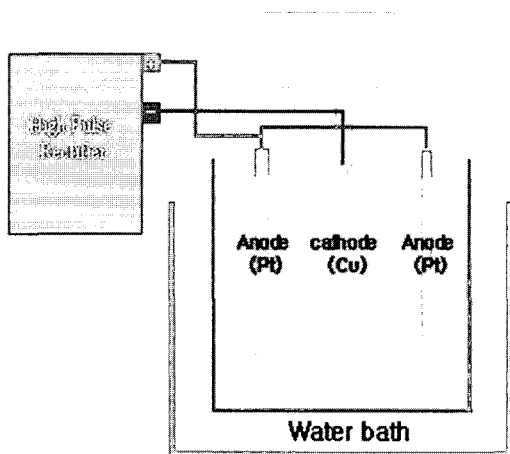


Fig. 1. Schematic diagram of the apparatus for Electroplating

용하였다. 도금욕은 항온조내에 넣어서 온도를 60℃로 일정하게 유지시켰고, 교반은 전후 왕복운동을 할 수 있는 교반기로 하였고, 전류의 공급은 peak 전류가 400A, 평균전류 100A이고 직류 및 주파수 5000Hz까지 높일 수 있는 정류기를 사용하였다.

### 2.3 도금조건

실험에 사용된 도금액은 Ni sulfamate욕으로 조성과 조건들을 표 1에 나타내었다. 본 실험에서는 신뢰성있는 도금층의 물성평가를 위해 모든 도금층의 두께를 1μm로 고정하였다. 그리고 전류조건은 직류와 펄스 전류를 사용하여 도금하였고, 각각의 조건을 표 2에 나타내었다. 니켈도금에서 pH는 2.5로 pH 메타를 이용하여 측정, 유지하도록 하였다.

Table 1. Condition of plating bath

Ni Concentration (g/L)	pH	Temperature (°C)
125	2.5	60

Table 2. Condition of Pulse plating (duty cycle : 25%)

Average Current density (A/dm <sup>2</sup> )	Pulse type	Duty cycle (%)	Frequency range (Hz)
20	Pulse Current	10, 25, 50, 75	DC, 100, 500, 1000, 5000

### 2.4 도금층의 물성 평가 및 분석

각 조건에서 제작된 시편의 분석은 다음과 같이 행하였다.

먼저 각 시편의 결정구조를 XRD로 Cu-Kα선을 사용하여 40kV, 30mA로 주사속도를 5 deg/min, 주사범위를 30° ~ 120°로 하여 우선방위를 분석하였다. 도금층의 표면형상 관찰과 표면조도의 측정은 AFM(Atomic Force Microscopy)의 contact mode를 사용하여 scan size를 각각 10μm와 5μm, scan rate를 2Hz로 하여 분석하였다. 그리고 전기전도성을 측정하기 위하여 도전성 박막의 전도도를 측정하는 4-point probe를 사용하여 각각의 시편에 5번씩 분석하여 평균치를 내었다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 도금층의 결정구조

그림 2과 3은 주파수의 증가에 따른 X-ray Ni 도금층의 회절패턴을 나타내었다. 직류도금에서는 결정의 우선방위가 (200)이었고 펄스 도금의 경우 (220)면에 대한 peak의 상대강도가 크게 나타났으며, 주파수가 높아질수록 (220)에 대한 peak의 상대강도가 증가함을 보이고 있다. 주파수가 증가할수록 새로운 결정성장방향인 <220>으로 결정이 점점 성장한 것을 알 수가 있다. 이런 현상은 펄스 분극조건에서는 과전압이 증가하여 과전압의 증가로 흡착된 금속이온들의 표면확산속도가 감소하여 니켈의 주 성장방향인 <200>으로의 성장이 억제되고 <220>과 같은 다른 방향으로의 성장이 증가하였기 때문으로 생각된다. 이것은 펄스 도금시 금속이온들의 흡착되는 수가 크게 늘어나고 표면확산이 크게 줄었다는 다른 연구자의 보고와 일치한다<sup>5)</sup>. G. I. Finch에 의하면 니켈의 도금은 낮은 음극전류밀도, 높은 용액의 온도 그리고 높은 금속이온의 농도하에서는 lateral 성장을 하여 (100) 우선방위를 형성한다고 하였고<sup>6)</sup>,

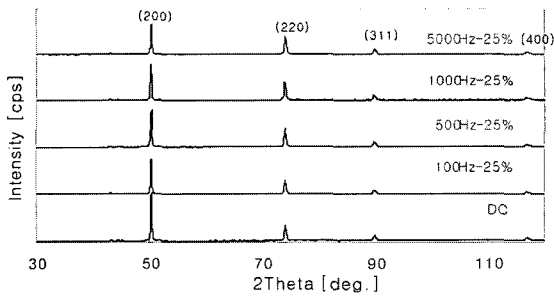


Fig. 2. X-ray Diffraction patterns with variation of Frequency at constant duty cycle 25%.

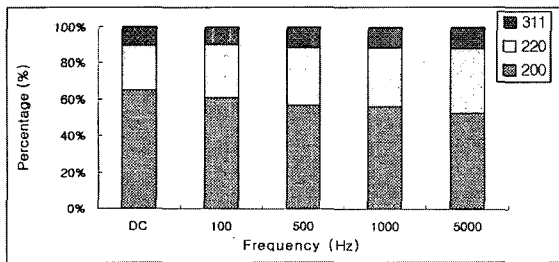


Fig. 3. Relative intensity of X-ray diffraction with variation of frequency.

N.A. Pangarov에 의하면 음극과전압이 클수록 (111)-(100)-(110)-(311)-(210)의 우선방위를 형성한다고 하였다<sup>3)</sup>. 그리고 음극과전압이 클수록 용액의 pH나 조성에 관계없이 [110] 우선방위를 형성한다고 하였는데, 본 실험에서의 결과도 이와 유사함을 보이고 있다.

그림 4와 5는 pulse 도금에서 주파수를 1000Hz로 고정시키고 duty cycle의 변화에 따른 X-ray 회절패턴이다. A.M.El-Sherik등<sup>8)</sup>에 의하면 펄스 도금시 on-time의 증가는 적용된 전류의 많은 부분이 수소이온의 환원에 의해 소비되어 낮은 전류 효율을 야기시켜 보다 조대한 결정립을 만든다고 하였다. on-time이 짧은 경우, 수소이온의 환원력 보다는 니켈이온의 석출속도가 빠르고 환원된 수소의 inhibition 작용에 의하여 결정립의 미세화에 기여를 한다고 여겨진다. on-time이 길어질수록 생성된 핵의 성장으로 인한 우선방위로의 성장이 증가하여 <200> 방향으로의 성장이 촉진되었다고 생각된다

#### 3.2 도금표면 형상 분석

리드프레임 소재가 갖추어야 할 물성으로는 와이어본딩성과 굽힘 시험 시 균열발생의 최소화,

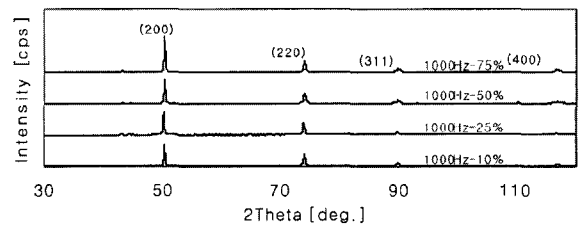


Fig. 4. X-ray Diffraction patterns with variation of Duty cycle at constant frequency 1000Hz.

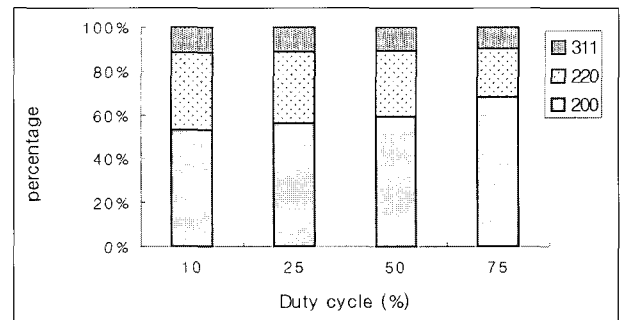


Fig. 5. Relative intensity of X-ray diffraction with variation of duty cycle.

그리고 solderability가 우수해야 한다. 와이어본딩성과 균열발생의 억제를 위해서는 도금층의 표면물성이 아주 중요한 인자가 된다. 이런 특성을 얻기 위해서는 균일한 전착성(leveling)과 미세한 결정립을 갖춘 도금층의 형성으로 얻어질 수 있다.

그림 6은 도금전의 구리 원소재를 AFM을 사용하여 scan size를 100 $\mu\text{m}$ 로 하여 측정한 사진이다. 그림으로 부터 소재자체의 생산 시 생긴 압연방향이 그대로 나타나있다. 그리고 검은 부분은 전해탈지 후 생긴 피트로 생각된다. 그림 7은 진처리 가 완료된 시편을 평균전류밀도 20A/dm<sup>2</sup>로 하여 직류도금을 한 표면형상이다. 결정립들의 크기가 크며 거친 형태의 도금면을 확인할 수 있었다.

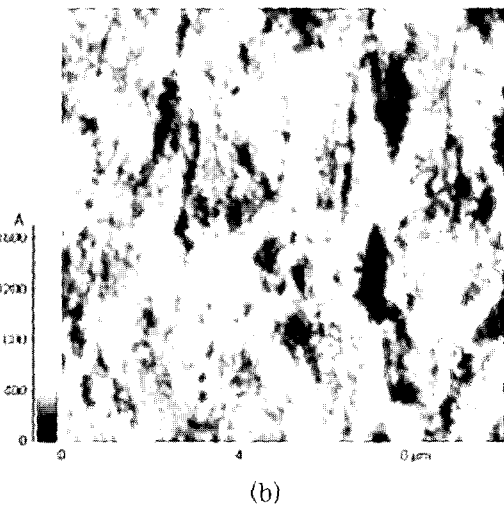
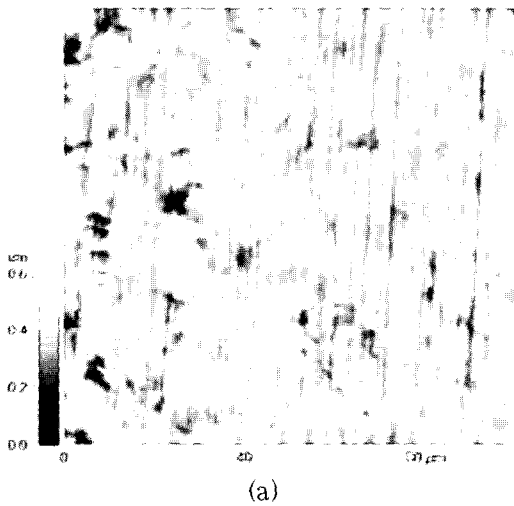
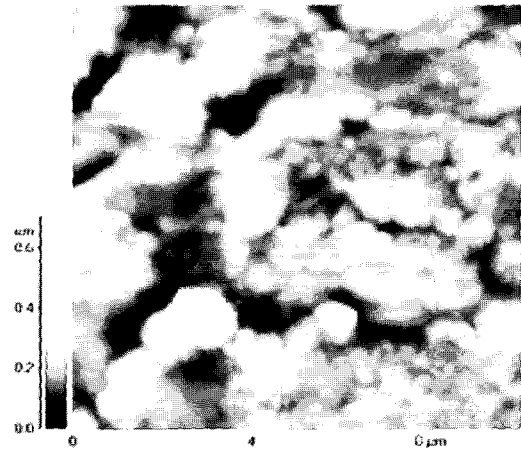
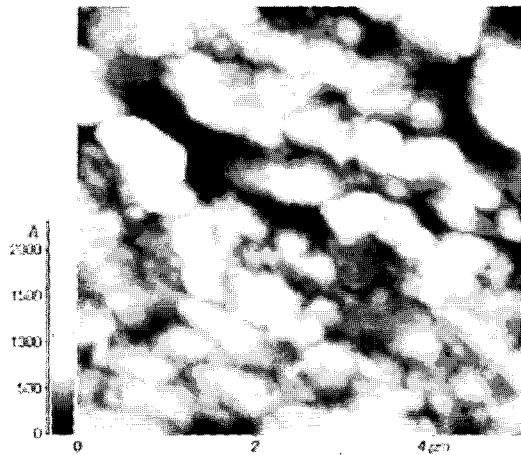


Fig. 6. AFM images of Cu substrate after pretreatment. (a) scan size 100 $\mu\text{m}$ ×100 $\mu\text{m}$ , (b) scan size 10 $\mu\text{m}$ ×10 $\mu\text{m}$ .



(a)



(b)

Fig. 7. AFM topographic images of the DC nickel plating. (20A/dm<sup>2</sup>) (a) scan size 10 $\mu\text{m}$ ×10 $\mu\text{m}$ , (b) scan size 5 $\mu\text{m}$ ×5 $\mu\text{m}$

이에 반하여 펄스 도금은 치밀하고 미세한 형태의 결정립을 보이는데 펄스도금에서 주파수의 변화에 따른 조직 사진을 그림 8과 9에 나타내었다.

그림 8은 duty cycle이 25%인 경우에 주파수의 변화에 따른 Ni 도금층의 표면변화를 나타내고 있다. 펄스 도금에서 주파수가 높을 수록 결정립들이 미세해 지고 모양도 둥근 형태에 가까워짐을 알 수 있다. 고주파 펄스의 경우는 음극 표면에서의 금속 이온들의 빠른 이동을 촉진 시켜 도금시의 결정화 과전압의 감소를 억제 시키기 때문에 표면의 미세화와 결정의 이방성을 야기시킨다. 이것은 결정성장방향이 고주파수로 갈수록 다양해진다는 R. T. C. Choo등<sup>5)</sup>의 보고와 일치한다.

그림 9는 펄스 도금에서 duty cycle에 따른 Ni

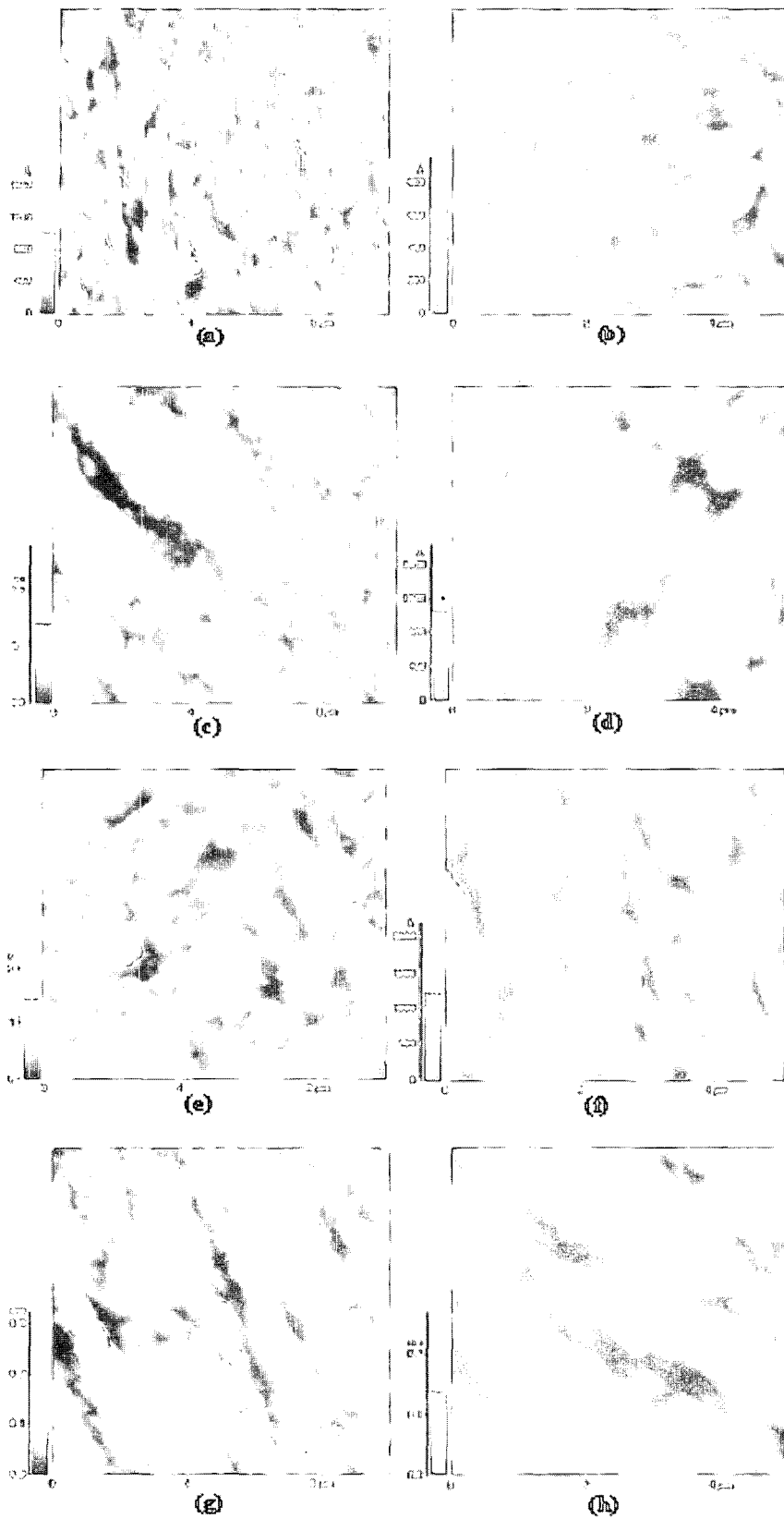


Fig. 8. AFM topographic images of the Ni pulse plating (duty cycle 25%).

- (a) Frequency : 100Hz (scan size :  $10\mu\text{m}$ ) (b) Frequency : 100Hz (scan size :  $5\mu\text{m}$ )  
 (c) Frequency : 500Hz (scan size :  $10\mu\text{m}$ ) (d) Frequency : 500Hz (scan size :  $5\mu\text{m}$ )  
 (e) Frequency : 1000Hz (scan size :  $10\mu\text{m}$ ) (f) Frequency : 1000Hz (scan size :  $5\mu\text{m}$ )  
 (g) Frequency : 5000Hz (scan size :  $10\mu\text{m}$ ) (h) Frequency : 5000Hz (scan size :  $5\mu\text{m}$ )

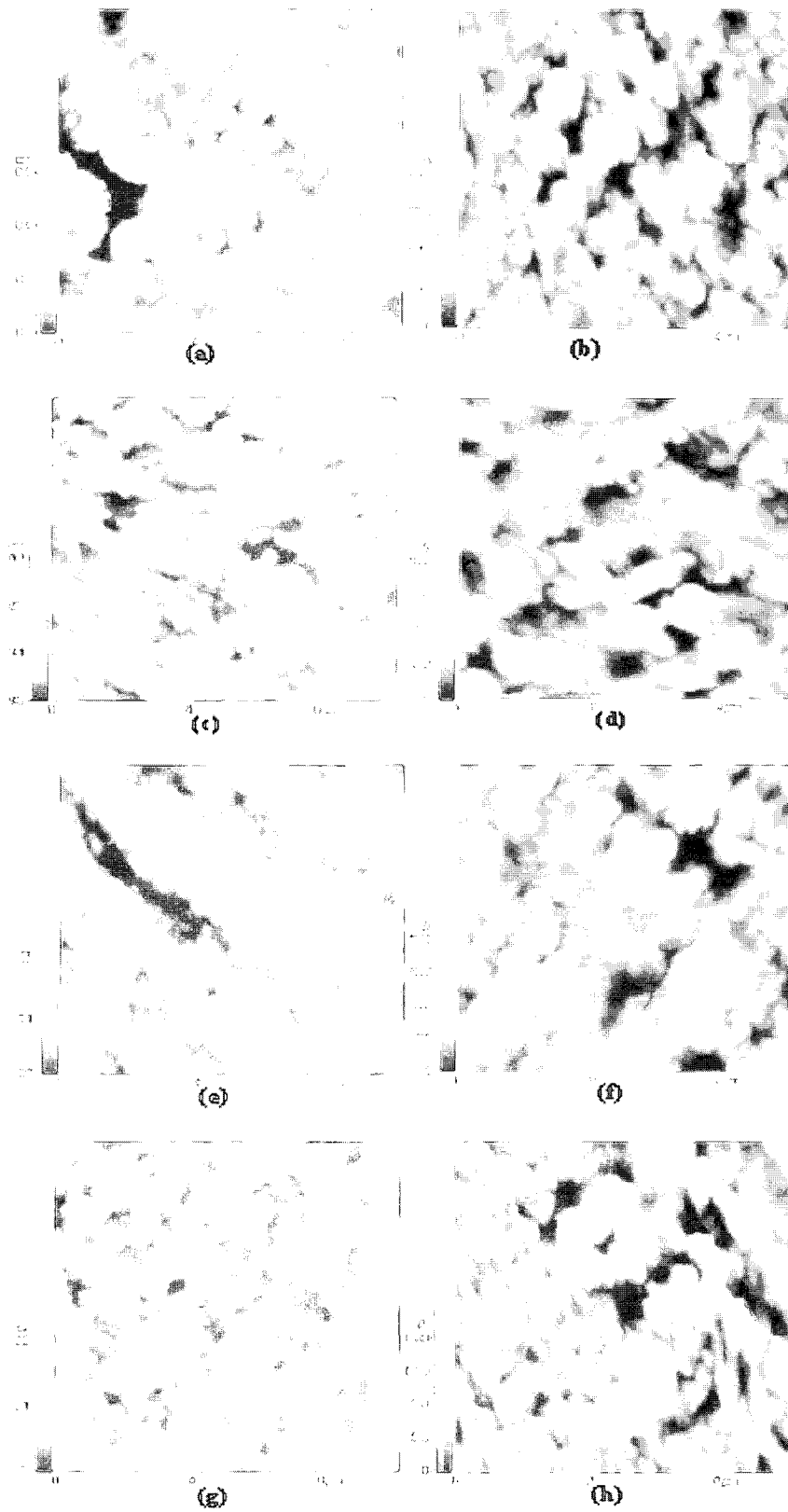


Fig. 9. AFM topographic images of the Ni pulse plating (frequency 1000Hz%).  
 (a) duty cycle:10% (scan size:10 $\mu$ m) (b) duty cycle:10% (scan size:5 $\mu$ m)  
 (c) duty cycle:25% (scan size:10 $\mu$ m) (d) duty cycle:25% (scan size:5 $\mu$ m)  
 (e) duty cycle:50% (scan size:10 $\mu$ m) (f) duty cycle:50% (scan size:5 $\mu$ m)  
 (g) duty cycle:75% (scan size:10 $\mu$ m) (h) duty cycle:75% (scan size:5 $\mu$ m)

도금층의 표면형태를 보여준다.

duty cycle이 가장 낮은 10%인 경우, 결정립이 미세하게 나타나고 있는데 이는 긴 off-time으로 on-time 동안에 고갈된 금속이온의 보충과 금속이온의 흡착이 활발하게 일어나 핵생성 사이트수를 증가시키고 부반응인 수소의 환원을 억제시켰기 때문이다. 그러나 on-time이 길어지는 duty cycle이 큰 경우에는 점차 결정립이 크고 뭉쳐지는 형태를 보였다. 이는 on-time동안 적용된 전류의 상당한 량이 수소의 환원에 쓰여지면서 그 동안 표면에 흡착된 니켈들은 핵생성 후 성장하면서 합체하여 조대화 되었다고 생각된다.

O. Chene등<sup>9)</sup>에 따르면 펄스 도금의 off-time 동안에는 금속이온의 흡착이 일어나 많은 핵생성 사이트를 제공하고, on-time 동안에는 핵생성과 결정성장이 일어난다고 보고하였다. 그리고 A.M. El-Sherik등<sup>8)</sup>에 따르면 니켈도금의 경우 on-time이 증가할수록 적용된 전류의 재분배에 의한 수소 환원에 많이 쓰이고 그동안 생성된 결정립들이 성장하여 조대한 결정립을 보인다고 보고하였다.

3.3 도금층의 표면조도

표면의 조도는 반도체의 리드프레임에서 뒤에 전착될 금속의 표면물성과 와이어본딩성, 납땀성 등의 여러 인자에 중요한 영향을 미친다. 고주파 펄스도금은 음극표면에서의 농도분극 현상을 크게 감소시켜 전압강하 현상이 감소되고 결정화 과전압이 크게되어 미세한 조직을 얻을 수 있게 되는 것이다. 이런 과전압의 증가는 핵발생속도가 핵성장 속도보다 크게 되어 결정립이 점점 미세하게 되는 것이다.

그림 10은 각 주파수에 따른 표면 조도 값들을 나타내고 있고, 그림 11은 각 주파수별 duty cycle에 따른 도금층의 표면조도를 나타낸 도표이다. 두 그림 모두에서 직류 도금에서 고주파로 갈수록 그리고 duty cycle이 낮을수록 표면조도가 감소함을 알 수 있다. 이러한 표면 조도의 감소는 과전압 등에 의한 표면초기 핵생성에 연관이 된다. 앞 절의 XRD분석에서 보듯이 과전압이 높은 경우의 결정성장은 주방향의 성장을 억제하고 다른 방향의 성장이 일어난다고 하였다. 고주파 펄스 도금의 경우에는 직류도금에 비해 일정방향의

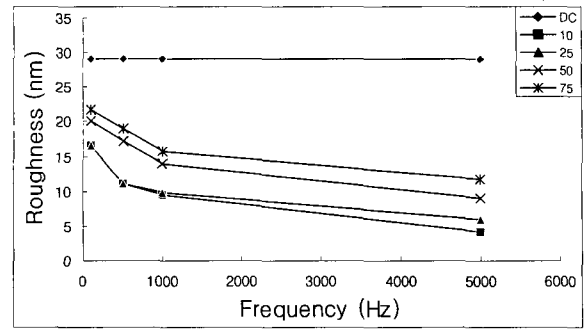


Fig. 10. Roughness with variation of frequency

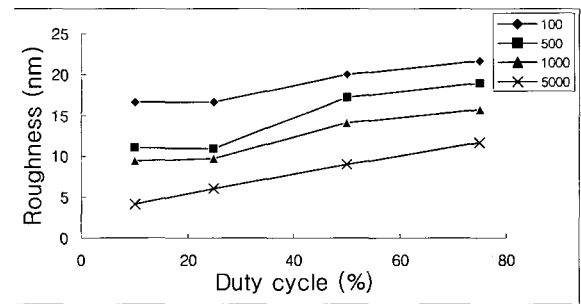


Fig. 11. Roughness with variation of duty cycle

성장보다는 불규칙한 형태로 결정이 성장함을 볼 수 가 있다. 즉 과전압이 큰 고주파수의 경우 평균 조도가 감소하는 것을 알 수 있다.

3.4 전기전도도

전기도금층의 경우 일반적인 벌크상의 금속과는 달리 결정립이 미세하고 치밀할 수록 전기전도도는 높아진다. 이는 치밀하고 미세한 결정립을 가진 표면은 표면에 전기저항이 되는 인자인 수소나 Ni(OH)<sub>2</sub>, 또는 다른 불순물들에 의하여 생기는 표면 결함들이 감소되기 때문이다. 펄스 도금시 발생하는 수소의 탈착이나 불안정한 수소화물상의 분해, 시안옥에서의 고분자화합물의 동시전착 등이 전착층의 물성에 중요한 역할을 한다.<sup>11)</sup> 또한 펄스 도금시 off-time이 증가할수록 수소와 같은 불순물의 함량이 감소<sup>5)</sup>하고 결함, 특히 기공이 감소<sup>10)</sup>한다고 많은 연구자들이 보고하였다. 니켈도금의 경우 on-time이 증가할수록 수소환원에 쓰여지는 전류값이 높아져 수소발생량이 많아지고 이의 동시전착은 도금층에 많은 결함을 유발시킨다.

그림 12는 주파수에 따른 전기저항의 변화를 나타내고 있다. 직류도금에 비해 펄스 도금의 경우

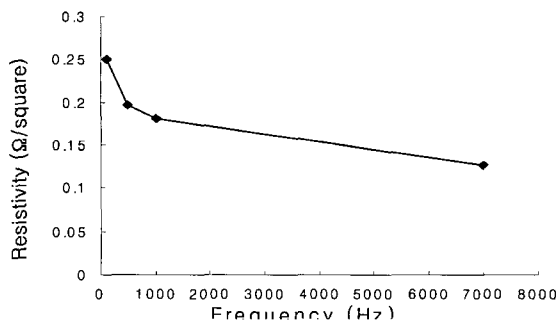


Fig. 12. Electric resistivity with variation of frequency

전기저항이 감소함을 보이고 있고, 특히 높은 주파수에서 니켈도금층의 전기저항은 가장 낮아 우수한 전기전도도를 나타냄을 보이고 있다. 이것은 앞의 AFM에 의한 표면형상을 나타낸 그림에서처럼 주파수가 증가할수록 과전압의 상승으로 인한 핵의 생성 속도가 성장속도보다 빠르게 되고 일정한 성장방향보다는 무질서하고 보다 치밀하고 미세한 결정립을 가져 도금층의 다공성의 정도가 크게 감소하였기 때문으로 생각된다.

그림 13은 주파수를 1000Hz로 고정시키고 duty cycle을 변화시켰을때의 전기저항값을 나타낸다. 여기서 duty cycle이 가장 낮은, 즉 off-time이 가장 긴 10%의 경우 가장 낮은 전기저항값을 나타내는데 off-time이 길수록 니켈이온의 재공급에 의한 부반응인 수소의 동시전착을 억제시켜 보다 치밀하고 피트가 없는 도금층의 형성이 가능하기 때문으로 생각된다. 이러한 결과는 W. F. Fluehmann등<sup>12)</sup>에 의한 보고와 일치한다. 이러한 결과로부터 본 실험의 조건 중 전기전도도는 duty 10%로 고주파 pulse 도금한 니켈도금층이 가장 높게 나왔다.

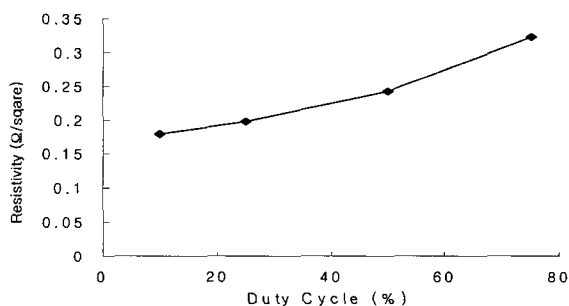


Fig. 13. Electric resistivity with variation of duty cycle (frequency : 1000Hz)

## 4. 결 론

박판의 구리소재위에 여러 펄스 조건을 적용하여 니켈도금층 물성에 대한 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 니켈도금에 인가전류의 파형 및 고주파 펄스 도금법을 적용시 리드프레임이 가져야 할 조건을 만족시킬 수 있는 방법은 직류보다 펄스법이, 그리고 저주파수 보다 고주파수가 우수하였다.

2) XRD에 의한 도금층의 결정구조를 살펴본 결과, 직류도금의 경우 (200)의 상대 피크비가 높게 나왔다. 하지만 펄스 도금에서 주파수가 높아질수록 (200) 우선배향이 줄어들고 (220) 우선배향이 증가하였다.

3) AFM에 의한 표면의 형상 분석결과 펄스도금에서 주파수가 높아질수록 미세하고 치밀하며 표면의 피트와 기공이 없는 도금층을 얻었다.

4) 펄스도금한 시편의 도금층의 표면조도는 펄스 주파수가 증가할수록 낮았으며, 또한 on time이 작은 duty cycle이 낮을수록 낮게 나타났다.

5) 박판의 표면 전기저항의 경우 주파수가 높을수록, duty cycle이 짧을수록 낮아서 우수한 전기전도성을 가진 박판을 가지기 위해서는 보다 높은 주파수에서 duty cycle을 짧게 줌으로써 구현될 수 있다.

## 감사의 글

본 논문은 부산대학교 학술연구조성비에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. H. Honma, K. Kanemitsu, *Plating and Surface Finishing*, 74 (1987) 62.
2. D. S. Lashmore, et al., *Phys Rev. Lett.*, 48 (1982) 1760.
3. N. Ibl, J. -Cl. Puipe, H. F. Angerer, *Surface Technology*, 6 (1978) 287.
4. W. Paatsch, *Metallobrflache*, 41 (1987) 39.



5. R. T. C. Choo, J. M. Toguri, M. El-Sherik, U. Erb, *J. Appl Electrochem.*, 25 (1994) 384.
6. G. I. Finch, *J. Electrodepositors Tech. Soc.*, 27 (1951) 215-232.
7. N. A. Pangarov, *Electrochimica Acta.*, 7 (1962) 39-146.
8. A. M. El-Sherik, U. Erb, J. Page, *Surf & coat Tech.*, 88 (1996) 70-78.
9. O. Chene, M. Datta, D. Landolt, *Oberflache/Surface.*, 26 (1985) 45.
10. Y. Y. Wang, C. S. Tung, *AESF's 3rd international pulse symposium.*, (1983) 28.
11. P. T. Tang, T. Watanabe, J. E. T. Anderson, G. Bech-Nielsen, *J. Appl. Electrochem.*, 25 (1995) 347-352.
12. W. F. Fluehmann, F. H. Reid, *AESF's 1st international pulse symposium.*, (1979) 19.