

전자재료 응용을 위한 니켈의 화학기계적 연마특성연구 Study on CMP of Ni for Application of Electronic Materials

*김형재¹, 김성렬¹, 류호연¹, 정해도²

*H. J. Kim¹(hyjakim@kitech.re.kr), S. R. Kim¹, H. Y. Ryu¹, H. D. Jeong²

¹ 한국생산기술연구원, ² 부산대학교 정밀기계공학과

Key words : Nickel, CMP, Removal Rate, MEMS, EMI

1. 서론

화학기계적연마(Chemical Mechanical Polishing: 이하 CMP, Fig. 1)공정은 반도체 제조공정에서 필수적인 공정으로서 화학액과 나노크기의 연마입자가 혼합된 슬러리를 공급하면서 연마공구인 폴리머 계열(폴리우레탄 계열)의 패드 위에 가공물을 가압 및 상대운동 시키면서 재료를 원자수준으로 제거해 나가는 공정이다. 이러한 공정을 통하여 일반적인 가공 공정에서는 얻기 힘든 원자수준의 경면을 얻음과 동시에 가공물 하부 결함(subsurface damage)을 최소화 하거나 거의 없앨 수 있는 특징이 있기 때문에 재료의 전자적 응용이나 광학적 특성 등을 얻기 위해 필수적으로 사용되는 공정이다.

그러나 CMP 공정은 재료와 화학액사이의 적합성, 입자와의 상호작용, 연마패드의 기계적 특성 및 화학적 특성 등 수많은 인자가 작용하고 있어 수많은 체계적인 연구에도 불구하고 아직 연구해야 할 분야가 더 많은 초정밀 가공기술 중의 하나이다.

니켈은 우수한 도금 성능과 기계적 강도, 부식에 대한 상대적인 안정성으로 인하여 MEMS 디바이스¹⁾, LIGA 공정을 이용한 미소 기계부품의 제작, EMI(electromagnetic interference)용 소재, 하드디스크 재료²⁾ 혹은 무전해 도금을 이용한 마이크로몰드의 제조 등으로 그 응용범위가 확대되고 있다. 또한 우수한 도금 특성으로 인하여 무전해 도금을 이용한 마이크로 부품의 제작이나 이중 금속의 부가적인 도금을 위한 seed 층으로서 매우 중요한 용도를 가지고 있다.

이러한 많은 분야의 응용에서 니켈의 도금 공정 이후 CMP 공정을 이용한 평탄화 공정 복합을 통하여 다양한 형태의 마이크로 구조물이나 전자부품, 마이크로 회로, 전기적 기능부여 등의 형태로 적용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 니켈의 CMP 특성에 대한 기초적인 연구를 통하여 니켈의 연마율과 연마율에 영향을 미치는 인자 등에 대한 실험을 수행하고 그 결과를 제시한다.

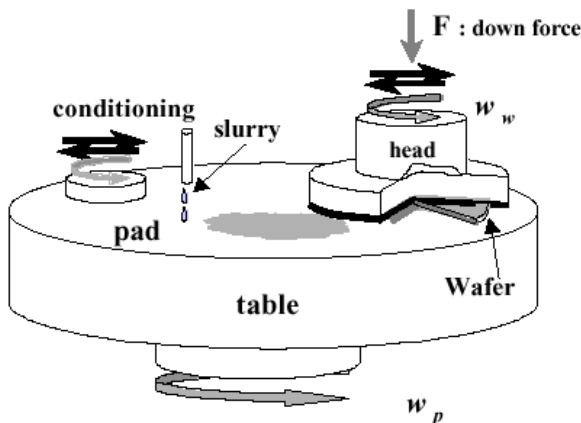


Fig. 1 Schematic of CMP process.

2. 실험조건 및 결과고찰

본 연구에서는 니켈의 연마량을 측정하기 위하여 사각형 형태의 (65x62mm²) 니켈(99.999%)을 사용하였다. 테크노

세미켄사의 TS-S1-MA2 를 사용하여 DI 와 1:1 로 희석하여 사용하였다. 연마패드는 IC1400(Rhom & Haas 사), 연마 장비는 POLI-400(G&P Technology)을 사용하여 연마를 수행하였다. 실험은 시편 초기의 거칠기와 평탄도를 확보하기 위하여 #220, #1200, #2000 사포로 연속 가공하였으며, 25 분 동안 속도 63rpm, 연마압력 195g/cm² 의 조건으로 CMP 를 수행한 후 본 연마 실험을 수행하였다. 연마율의 측정은 실험 전후 무게 변화를 두께로 환산하여 사용하였으며 측정된 저울의 최소 눈금 0.1mg, 반복정밀도 +/-0.2mg 으로 두께 환산 오차는 +/-0.6nm 이다.

Table 1 Experimental Conditions

Parameter	Conditions	Units
Pressure	100~300	g/cm2
Velocity	63(0.66), 123(1.29)	rpm(m/s)
Conditioning	Pellet type conditioner	n/a
Pad	IC1400	n/a
Slurry	TS-S1-MA2 (15wt%)	n/a
Equipment	POLI-400	n/a
Environment Temp.	22	deg.C
Flow rate	100	ml/min
oscillation	+/-15	mm

Fig. 2 는 연마 재현성 테스트를 위해 그림에 제시된 조건으로 4 번의 연속 연마를 수행한 결과를 나타내고 있다. 실험에서 볼 수 있는 바와 같이 연마 간 최대 편차는 5.3nm 로 평가되었다. 이러한 편차는 상대적으로 작은 시편을 연마함으로써 생기는 오차로 판단되며 이러한 오차를 고려하더라도 평균 연마율은 20.9nm/min 정도로 판단된다.

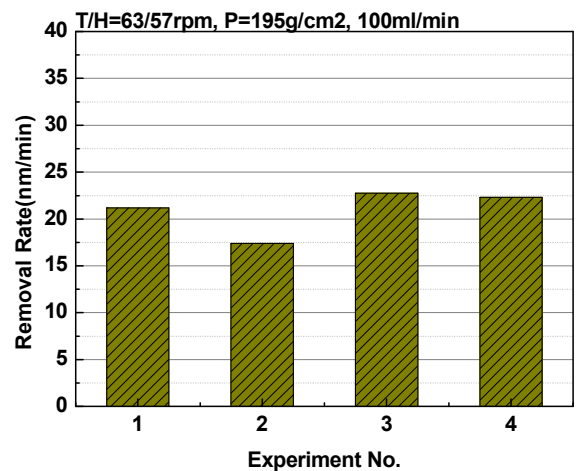


Fig. 2 Removal rate results for repeatability test at 63rpm and 195g/cm², 100ml/min.

Fig. 3 은 압력과 속도의 변화에 따른 연마량의 변화를 나타내고 있다. 제한된 실험조건 내에서 최대 연마율은 38.5nm/min 로 측정되었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 속도의 변화 (1.95 배)에 대해 연마율의 변화는 약 1.1 배 정도가 변하며 압력의 변화 (2.2 배)에 대해 연마율의 변화는 약 1.6 배 정도 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결

과로부터 니켈의 연마공정 변수를 설계하는 경우 빠른 연마율을 얻기 위해서는 높은 압력을 적용하는 공정이 유리함을 알 수 있다. 이러한 원인은 슬러리 내의 입자함유량이 15wt% 정도로 많아 니켈의 높은 경도와 더불어 (Hv=638MPa) 압력이 증가하는 경우 보다 많은 연마입자가 니켈 표면과 닿아 입자에 의한 스크래치 밀도가 높아지기 때문으로 생각된다. 그러나 속도가 높아지게 되는 경우 높은 입자함유량으로 인한 점도의 효과로 가공물과 패드 사이의 간격이 동압이 형성됨에 따라 연마율의 증가 폭이 압력에 비해 낮은 것으로 판단된다. 이러한 결과는 마찰력의 측정결과에서도 나타나며, 63rpm 에서의 평균 마찰력은 3.51kgf, 123rpm 에서 2.48kgf 으로 나타나 동압 효과의 영향을 보여주고 있다.

또한 실험결과에서 제시된 최대 연마율인 38.5nm/min 로 니켈을 제거하는 경우 1 μm를 제거하는데 약 26 분 가까이 소요되므로 두꺼운 LIGA 공정용 후막의 연마보다는 얇은 도금막을 제거하는 공정의 경우에 적합함을 알 수 있다. 또한 보다 높은 연마율을 얻기 위해서는 높은 경도를 가지는 재료이므로 기계적 효과 (입자함량, 압력증가)를 증가시키는 방법보다 재료의 표면을 화학적으로 가공반응층을 형성한 이후 제거하는 화학적 영향을 증가시키는 방향으로 슬러리가 설계되어야 할 것으로 판단된다.

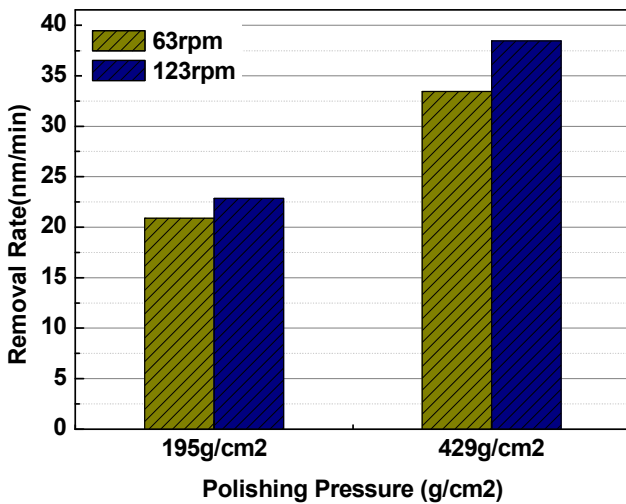


Fig. 3 Removal rate results as a function of pressure and velocity.

3. 결론

최근 MEMS 용 부품, LIGA 공정을 이용한 초소형기계부품 및 초소형 금형의 제작을 비롯하여 전자기능성 부품의 제조를 위해 니켈의 사용이 증가하고 있다. 이러한 니켈의 사용은 반도체 공정과의 접합으로 인하여 보다 초소형화되고 정밀한 기능성 부품의 제조에 응용되며, 이러한 부품의 제조를 위해 반도체 공정인 CMP 공정과의 복합으로 인하여 더욱 향상된 기능을 부여할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 니켈의 CMP 공정을 통하여 일반적인 반도체용 슬러리의 적용으로 얻을 수 있는 연마율과 압력 및 속도에 대한 영향을 평가하였다.

실험 결과 연마율은 속도의 변화율에 대해 평균 1.1 배의 증가율을 보이며 압력의 변화율에 대해 1.6 배 정도의 변화를 보여 속도에 대한 민감도 보다는 압력에 대해 민감하게 변하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 니켈의 높은 경도로 인하여 패드와 가공물 사이에 동압이 형성되는 경우 연마입자가 니켈의 표면을 압입하는 능력이 감소하게 되어 연마량이 낮아지는 것으로 판단되며 그 결과는 마찰력의 차이에서 확인할 수 있다.

본 실험결과는 니켈의 연마를 위한 기초실험 결과로서

상대적으로 낮은 연마율이 얻어졌으며, 이러한 공정은 두께 100nm 이하의 박막에 대한 CMP 공정에 적용 가능하다. 그러나 MEMS 나 LIGA 공정을 이용한 후막의 제작에 CMP 공정이 적용되는 경우 니켈의 높은 기계적 경도특성을 고려하면 슬러리의 화학적 성능을 향상시키는 것이 연마율 향상을 통한 공정시간 단축에 유리할 것으로 판단된다.

따라서 향후 실험에서는 슬러리 내에 니켈과 반응성을 높일 수 있는 첨가제를 이용한 실험을 진행하여 후막에 적용할 수 있는 공정에 대한 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. Tianbao Du, Arun Vijayakumar, Kalpathy B. Sundaram, Vimal Desai, "Chemical mechanical polishing of nickel for applications in MEMS devices", *Microelectronic Engineering* **75**, pp 234-241, 2004
2. Hong Lei, Jianbin Luo, "CMP of hard disk substrate using a colloidal SiO₂ slurry: preliminary experimental investigation" *Wear* **257**, pp 461-470, 2004