

# 연마패드의 마찰 특성이 구리 연마균일도에 미치는 영향에 관한 연구

## Effect of Frictional Phenomena on Cu Removal Characteristics in CMP Process

\*김형제<sup>1</sup>, 박영봉<sup>2</sup>, 김성렬<sup>1</sup>, 이상직<sup>1</sup>

\*H.J.Kim<sup>1</sup>, Y.B.Park<sup>2</sup>, S.R.Kim<sup>1</sup>, S.J.Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원, <sup>2</sup> 지엔피테크놀로지

Key words : CMP, Copper, Friction, Thermal, MRR, Removal Rate

### 1. 서론

화학기계적연마(Chemical Mechanical Polishing; CMP) 공정은 반도체 패턴의 평탄화공정에서 가장 많이 적용되는 가공기술로서 Fig. 1에서와 같이 웨이퍼와 패드 사이에 압력과 상대운동을 부가하여 웨이퍼 표면의 재료가 마찰 및 마멸을 통해 제거되는 현상을 이용한다.

CMP 공정에서 연마패드의 물성은 미끄럼면의 동적접촉상태를 결정하는 인자 중의 하나로서 최소유막두께( $h_{min}$ )와 거칠기 높이분포의 편차값( $\sigma$ )의 비( $h_{min}/\sigma$ )에 따라 동적 접촉상태의 천이가 발생하게 된다. 이에 따라 마찰력과 연마액의 수송능력, 연마열의 발생크기 및 패드와 웨이퍼간의 실 접촉 면적을 결정하게 되며, 연마 중 마찰 특성을 연구하는 것은 연마현상을 이해하고 정의하는데 중요하다.

본 논문에서는 배선재료로 가장 많이 사용되는 구리의 CMP 공정 중 발생하는 마찰 및 마멸 특성을 평가하고 연마 시 나타나는 마찰력 및 연마 온도 측정을 통하여 연마율과의 상관관계를 평가하고 이를 통하여 연마율의 실시간 계측 방안에 대해 고찰한다.

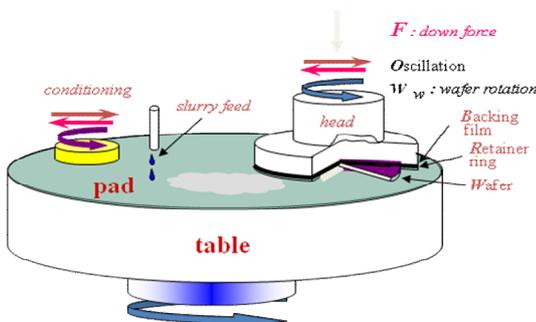


Fig. 1. Schematics of CMP Process

Table 1 Experimental Conditions

Process Parameters	Conditions	Comments
Pressure(W/R, psi)	2.0 / 3.5	Membrane
Velocity(T/H, rpm)	93 / 87	In-situ Conditioning
Pad	Type A, B	Polyurethane
Slurry	C8200	Cabot
Equipment	POLI-762	G&P Technology

### 2. 실험 및 결과 고찰

구리웨이퍼의 연마특성 및 트라이볼로지 특성을 평가하기 위하여 Table 1과 같은 조건으로 두 개의 서로 다른 패드를 사용하여 12 인치 Cu 웨이퍼를 연마하고 연마 중 마찰력 및 연마온도를 계측하였다. 가공 대상재료의 마멸은 접촉하는 재료의 화학적 그리고 기계적 물성에 의존하여 그 가공량이 결정되어지며, 이와 동시에 패드의 표면 형상과 압력 및 상대속도 조건이 연마율의 크기에 영향을 미친다 [1]. 실험에 사용된 두 가지 패드는 각각 미세 구조와 고분자 종류가 서로 다른 상용 패드로서, Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 연마 중 마찰 특성이 매우 상이한 특성을 가진 패드들이다. 서로 다른 패드를 사용하는 경우 연마 시 발생하는 마찰력과 온도의 계측만으로 연마율의 비례관계가 성립하는지

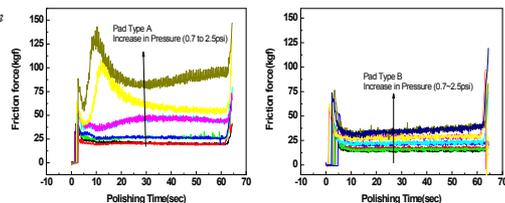


Fig. 2 Friction force trend with polishing time from two different types of pad. (left Type A, right Type B)

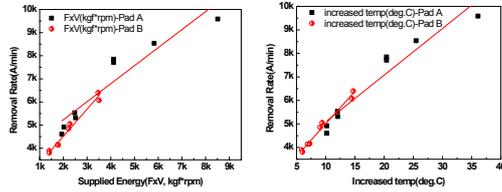


Fig. 3 Correlation of removal rate in terms of friction energy and increased temperature at fixed velocity with variable pressure conditions

확인하기 위해 연마율과 연마 중 공급된 기계적에너지의 총 합인 마찰에너지(FxV) 값과의 상관관계를 확인한 결과를 Fig. 3, 4 에 도시하였다. 또한 연마 중 발생한 온도 크기와의 상관관계도 표시하였다. Fig. 3 은 속도를 일정하게 하고 압력만을 변화시키며 실험한 결과이며, Fig. 4 는 그 반대의 경우로 실험한 결과이다. 결과에서 볼 수 있듯이 동일한 재료를 연마하는 경우 실험에 사용된 패드의 종류에 상관없이 연마율은 계 내부로 공급된 기계적 입력 에너지의 크기를 계측하거나 또는 그에 의해 발생하는 출력 인자인 온도상승의 계측을 통해 연마율과의 상관관계를 평가할 수 있음을 알 수 있다.

그러나 서로 다른 패드의 경우 그 기율기 또는 추세가 다르게 나타남을 확인할 수 있는데 이러한 원인은 두 표면의 기하학적인 형상과 운동조건에서 기인되는 마찰, 마멸 및 유체 역학적인 윤활 상태 등 트라이볼로지적인 인자가 서로 다르기 때문으로 판단되며, 또한 두 패드 사이의 열전달 계수 차이로 인한 온도 축적과 이에 의한 화학적 작용의 영향이 서로 다른 경향을 유발하는 것으로 판단된다.

위의 결과에 따르면 공정조건이 변하거나, 소모품 조건이 변하는 경우 온도나 마찰력의 계측을 통해 재료 제거율의 경향성의 파악은 가능하나 정밀한 연마율 예측에 있어 일정부분 오차요인을 포함할 수 있음을 알 수 있다.

보다 정밀한 연마율의 계측이 가능한 조건을 찾기 위해 동일한 가공조건 내에서의 연마율과

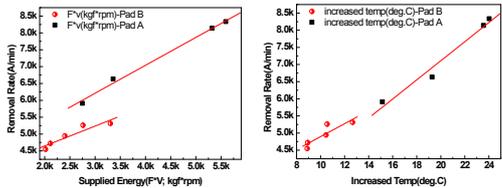


Fig. 4 Correlation of removal rate in terms of friction energy and increased temperature at fixed pressure with variable velocity conditions

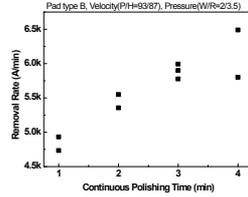


Fig. 5 Removal rate variation with different polishing time at fixed process and consumable conditions.

마찰특성과의 관계를 평가하였다. Fig. 5 에는 동일한 소모품 조건(Pad B) 에서 연마시간이 다른 경우에 연마율을 평가하였다. 결과에서 볼 수 있듯이 동일 연마시간에서도 연마율에 상당한 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

그러나 동일 실험조건 내에서 시간에 따른 연마율의 값은 Fig. 6 에 나타낸 바와 같이 공정 중 온도의 적분값 또는 공정 중 부가된 마찰에너지의 값에 대해 R<sup>2</sup> 값이 0.995 이상의 높은 상관 관계를 보임을 알 수 있으며 이 인자들의 계산을 통해 정해진 공정에서 시간기반 연마율 예측보다 더욱 정확한 연마율의 예측이 가능함을 알 수 있다.

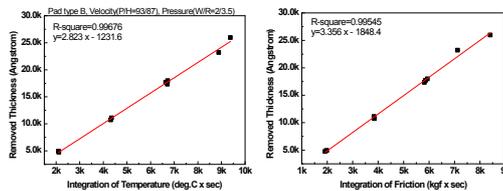


Fig. 6 Correlation of removed thickness vs. friction and temperature

### 3. 결론

구리 CMP 공정에서 마찰특성의 계측을 통해 연마특성의 평가를 수행하였다. 공정 조건이나 소모품 조건이 상이한 경우에 대해 마찰에너지와 연마온도를 계측하는 것은 연마율의 경향성 파악에 중요한 수단을 제공해줄 수 있다. 또한 정해진 공정 내에서 마찰에너지와 온도 상승량은 시간기반 연마량 예측보다 매우 정확한 결과값을 계측해 낼 수 있음을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. H. Kim, et.al, "Tribological Aspects in Chemical Mechanical Polishing", 9th CMP-MIC, 201-208, Santa Clara CA, 2002.