

## 컨디셔닝 방식에 따른 패드의 트라이볼로지적 특성

이현섭, 박범영, 서현덕, 정해도\*  
 부산대학교 정밀기계공학과, 부산대학교 기계공학부\*

### Tribological Characteristics of Conditioning Methods on Polishing Pad

Hyunseop Lee, Boumyoung Park, Heondeok Seo and Haedo Jeong\*  
 Department of Precision & Mechanical Engineering in PNU, School of Mechanical Engineering in PNU\*

**Abstract :** Chemical mechanical polishing(CMP) process depends on a variety of variables. Especially, surface roughness of pad plays a key role in material removal in CMP in terms of transportation ability of pores and real contact area. The surface roughness is deteriorated with polishing time by applied pressure and relative velocity. In this reason, diamond conditioner has been used to maintain the roughness on the pad. The authors try to investigate the correlation between pad roughness and frictional behavior by comparing *ex-situ* conditioning with *in-situ* conditioning.

**Key Words :** Chemical Mechanical Polishing, Conditioning, Friction force, CMP Monitoring System, Surface roughness

#### 1. 서 론

CMP는 헤드(head)의 압력과 웨이퍼(wafer)와 패드(pad)의 상대속도에 의한 기계적인 제거가공과 슬러리(slurry)에 의한 화학적인 가공을 하나로 하여, 웨이퍼의 제조와 소자 및 배선 형성 공정에 이르기까지 광범위하게 적용되고 있는 기술이다[1]. 슬러리는 웨이퍼 표면의 반응층을 기계적으로 제거하기 위한 연마입자를 포함하게 된다. 연마 패드는 이러한 연마입자를 패드 위의 그루브(groove)나 포어(pore)를 통하여 웨이퍼로 균일하게 공급해주는 역할 뿐만 아니라 패드 스스로가 가진 돌기에 의해 보다 원활한 연마가 이루어지도록 하는 역할을 하고 있다. 하지만 CMP 시 입자나 연마 잔류물 혹은 마모된 패드의 찌꺼기 등이 원활히 제거되지 못하게 되면, 패드의 눈막힘(glazing) 현상과 더불어 표면거칠기가 감소하고, 이는 연마결과에까지 영향을 미치게 된다. 이러한 현상을 극복하기 위하여 다이아몬드 컨디셔닝(conditioning)이 제안되었다. 본 논문에서는 이러한 다이아몬드 컨디셔닝 방식 중에서 *in-situ* 컨디셔닝과 *ex-situ* 컨디셔닝이 패드의 표면에 어떠한 변화를 일으켜서 연마결과에 영향을 미치는지에 대하여 트라이볼로지(tribology)적인 관점에서 접근해보고자 한다.

#### 2. 실험

본 실험에서는 G&P Technology사의 POLI500 장비와 마찰력이 측정 가능한 CMP 모니터링 시스템을 이용하여 실험을 진행하였다. 또한 패드의 표면 거칠기를 측정하기 위하여 Mitutoyo사의 SJ-301 stylus를 사용하였으며, GOEI의 세그먼트 타입(segment type) 6인치 다이아몬드 컨디셔너로 실험을 하였다. 컨디셔닝은 헤드와 테이블 각각 40, 60rpm, 컨디셔닝 압력은 97.3g/cm<sup>2</sup>으로 실시하였다.

표면거칠기의 측정은 각각 *in-situ*, *ex-situ* 컨디셔닝 방식

으로 연마한 후, 웨이퍼가 지나는 패드의 표면을 중심으로 0, 90, 180, 270도 방향으로 각 방향마다 31mm 간격으로 7지점을 측정하였으며, stylus의 측정거리는 4mm였다.

#### 3. 결과 및 고찰

McGrath[2]는 패드 표면의 거칠기 인자 중, Bearing Area Curve(BAC)로부터 얻어지는 Core Roughness depth( $R_k$ ), Reduced Peak Height( $R_{pk}$ ), Reduced Valley Height( $R_{vk}$ )의 시간에 따른 변화가 연마특성에 크게 영향을 미친다는 사실을 밝혔다. 본 실험에서는 McGrath가 제시한 인자 외에 돌기의 공간적인 분포와 관련된 Skewness( $R_{sk}$ )와 Kurtosis( $R_{ku}$ ), 그리고 Maximum Profile Height( $R_p$ )를 측정하였다.

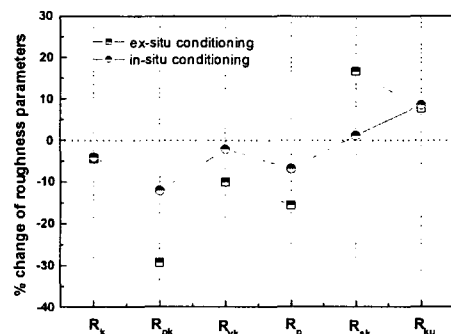


그림 1. The % change of roughness parameters

그림 1은 패드 표면 거칠기의 퍼센트 변화를 나타낸 것이다.  $R_k$ 는 돌기가 압력을 지지하는 부분으로 돌기와 웨이퍼의 접촉과 관련 있지만, 돌기의 마모와 직접 관련된 인자는  $R_{pk}$ 이다. 따라서, *in-situ* 컨디셔닝과 *ex-situ* 컨디셔닝 시,  $R_k$ 의 변화는 거의 일어나지 않지만  $R_{pk}$ 는 *ex-situ* 컨디셔닝 시 많이 감소한다. 또한 슬러리의 유동과 운반을 담

당한다고 할 수 있는 인자인  $R_{vk}$ 와 Maximum Profile Height를 뜻하는  $R_p$  역시 ex-situ 컨디셔닝 시 감소함을 알 수 있다.  $R_{ku}$ 의 변화는 두 경우 비슷한 값을 가졌지만,  $R_{sk}$ 는 ex-situ 컨디셔닝시 양의 방향으로 커졌다. 이는 ex-situ 컨디셔닝을 한 패드 표면의 돌기 분포에 있어서 돌기와 돌기 사이의 골이 채워져 있음을 의미한다.

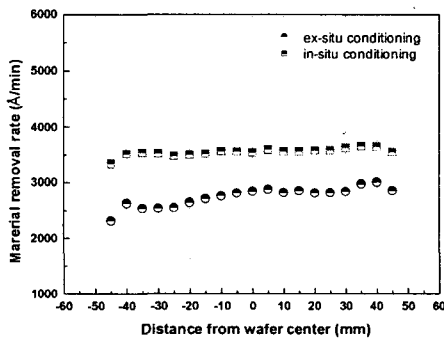


그림 2. Material removal profile of in-situ and ex-situ conditioning

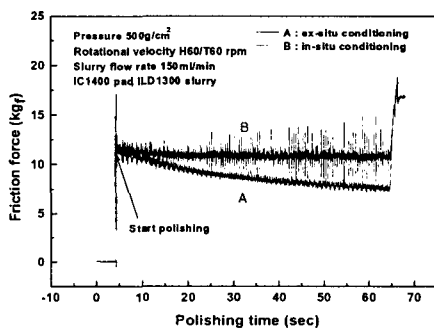


그림 3. Frictional signals of in-situ and ex-situ conditioning

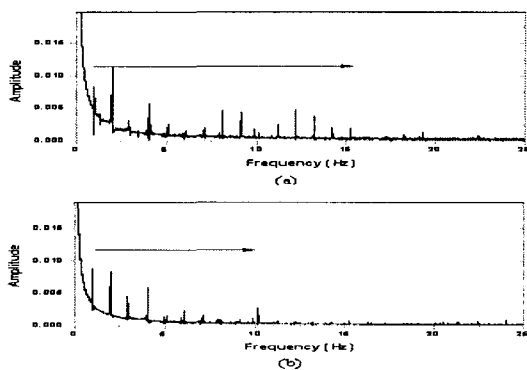


그림 4. FFT analysis of frictional signal (a) ex-situ (b) in-situ conditioning

그림 2는 ex-situ 컨디셔닝과 in-situ 컨디셔닝 시의 연마 제거율의 프로파일을 도시한 것이다. Ex-situ 컨디셔닝 시 패드의 표면 거칠기가 줄어들고 슬러리의 유동이 원활하지 못하여, 표면에 높은 돌기와 깊은 골을 가지는 in-situ 컨디셔닝에 비하여 그림 3과 같이 낮은 마찰력을 가지기 때문에 그 연마 제거율이 떨어지는 것으로 생각되며, 연마

불균일도 역시  $R_{vk}$ 의 영향으로 인하여 in-situ 컨디셔닝 시 더 낮은 값을 가짐을 알 수 있다.

그림 4는 ex-situ 컨디셔닝과 in-situ 컨디셔닝 시 발생하는 마찰력 신호를 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 한 그림이다. 그 결과, 각각 60rpm의 속도를 가지는 헤드와 테이블의 회전에 따라 1.0Hz 주기로 신호가 발생하지만, in-situ 컨디셔닝의 경우가 ex-situ 컨디셔닝의 경우보다 고주파 영역에 까지 그 신호가 지속함을 알 수 있다. 이는 패드의 표면 거칠기의 생성과 연관이 있어 보이며 이러한 마찰 특성이 CMP 결과에 많은 영향을 미치리라 예상된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 CMP시 패드의 컨디셔닝 방법에 따른 표면 거칠기와 마찰력을 측정함으로써 그러한 컨디셔닝 방법이 CMP 결과에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여 트라이볼로지적인 관점에서 접근해 보았다.

In-situ 컨디셔닝과 ex-situ 컨디셔닝 시,  $R_k$ 의 변화는 거의 일어나지 않지만  $R_{pk}$ 는 ex-situ 컨디셔닝 시 많이 감소한다. 또한 슬러리의 유동과 운반을 담당한다고 할 수 있는 인자인  $R_{vk}$ 와 Maximum Profile Height를 뜻하는  $R_p$  역시 ex-situ 컨디셔닝 시 감소함을 알 수 있다.  $R_{ku}$ 의 변화는 두 경우 비슷한 값을 가졌지만,  $R_{sk}$ 는 ex-situ 컨디셔닝 시 양의 방향으로 커졌다. 표면 거칠기 인자들의 변화를 종합해 볼 때, ex-situ 컨디셔닝 시 패드의 표면은 in-situ 컨디셔닝 시의 표면보다 길들이기(running-in) 과정을 거친 표면이나 연마된 표면에 가까우며, 이는 연마제거율과 연마 불균일도에 영향을 주었다. 또한 FFT 분석을 통하여 in-situ 컨디셔닝 시 패드 표면 거칠기의 생성을 파악할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] Kuide Qin, Brij Moudgil, Chang-Won Park, "A chemical mechanical polishing model incorporating both the chemical and mechanical effects", Thin Solid Films, Vol. 446, pp. 277-286, 2004.
- [2] John McGrath and Chris Davis, "Polishing pad surface characterization in chemical mechanical planarisation", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 153-154, pp. 666-673, 2004.