

## 연마불균일도에 영향을 미치는 패드 표면특성에 관한 연구

박기현<sup>a</sup>, 박범영<sup>a</sup>, 정재우<sup>a</sup>, 이현섭<sup>a</sup>, 정석훈<sup>a</sup>, 정해도<sup>\*</sup>, 김형재<sup>b</sup>  
부산대학교 정밀기계공학과, \*부산대학교 기계공학부

### The Effect of Pad Surface Characteristics on Within Wafer Non-uniformity in CMP

Kihyun Park<sup>a</sup>, Boumyoung Park<sup>a</sup>, Jaewoo Jeong<sup>a</sup>, Hyunseop Lee<sup>a</sup>, Sukhoon Jeong<sup>a</sup>, Hae-do Jeong<sup>\*</sup>, Hyungja Kim<sup>b</sup>  
Department of Mechanical & Precision Engineering in PNU<sup>a</sup>, School of Mechanical Engineering in PNU<sup>\*</sup>,  
Department of mechanical engineering in Berkely<sup>b</sup>

**Abstract :** We have investigated the effect of the pad surface characteristics such as roughness, groove density and wear of pad on within wafer non-uniformity(WIWNU) in chemical mechanical polishing(CMP). We found that WIWNU increases as pad surface roughness( $R_{pk}$ ; Reduced peak height) increases in an early stage of polishing. But after polishing time goes to a certain extent, WIWNU decreases as uniformity of pad surface roughness. Also, groove of pad has effect on relative pad stiffness although original mechanical properties of pad are unchanged by grooving. WIWNU decreases as relative pad stiffness decreases. In addition, conditioning process causes non-uniform wear of pad during in CMP. The profile of pad wear has a significant effect on WIWNU.

**Key Words :** Within wafer non-uniformity(WIWNU), Surface roughness( $R_{pk}$ ; Reduced peak height), Groove, Pad wear.

### 1. 서 론

반도체 소자가 고성능 및 고집적화가 됨에 따라 배선의 다층화와 선폭의 미세화가 요구되고 있다. 이에 따라 서브마이크론(sub-micron) 이하의 반도체 소자를 제작하기 위해서는 평탄화공정이 필요하다. 이러한 평탄화공정 중에서 CMP 기술은 종래의 평탄화기술보다 월등한 평탄화 길이를 얻을 수 있기 때문에, CMP에 의한 평탄화공정이 점점 더 중요해지고 있다[1].

이상적인 연마의 경우에 웨이퍼 표면이 동일한 연마율로 재료가 제거되어야 하지만, 실제 연마의 경우에는 웨이퍼와 패드의 접촉특성으로 인한 압력의 불균일한 분포로 인해 재료 제거율이 웨이퍼 전연에서 균일하지 못한 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다[2]. 이러한 연마불균일도에 영향을 미치는 인자는 연마압력, 상대속도, 패드물성, 슬러리 특성 그리고 기구학적인 인자 등 매우 다양하다. 특히 패드의 표면 거칠기, 그루브, 패드 마멸은 연마 불균일도에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 [3][4].

따라서 본 연구에서는 패드 표면특성 중에서 패드의 표면거칠기, 그루브 그리고 패드 마멸이 연마 불균일도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

### 2. 실험

패드 표면특성을 표면거칠기, 그루브 밀도 그리고 컨디셔닝 공정에 따른 패드 마멸 프로파일로 분류하고, 이러한 인자가 연마 불균일도에 미치는 영향을 확인하기 위한 실험을 하였다.

먼저 패드 표면거칠기가 연마 불균일도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 패드 표면의 안정화를 위해서 ABT사

의 8인치 컨디셔너를 이용하여 150g/cm<sup>2</sup>의 압력으로 30분 동안 컨디셔닝 하였다. 이후 60분 동안 컨디셔닝 없이 연마를 진행하면서 패드 표면 거칠기의 변화를 관찰하였다. 또한 연마시간에 따른 표면 거칠기의 변화를 측정하기 위하여 접촉식 표면조도 측정기인 Mitutoyo사의 SJ-301을 사용하였다.

그리고 그루브가 연마 불균일도에 미치는 영향을 파악하기 위하여 패드 표면에 동심원타입으로 그루브 밀도를 조절하여 가공하였으며, 이에 따른 패드의 유효강성을 UTM을 사용하여 측정하였다. 그루브에 의한 패드강성의 변화가 연마 불균일도의 변화를 관찰하였다.

또한 패드 컨디셔닝에 의한 패드 마멸이 연마 불균일도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 헤드 속도비와 테이블 속도비를 조절하여 연마실험을 수행하였고, 이에 따라 패드 마멸 프로파일을 측정하였다.

### 3. 결과 및 검토

웨이퍼가 접촉하는 패드 면상의 표면거칠기의 공간적 불균일은 연마 불균일도에 직접적인 영향을 미치게 된다. 연마시 패드의 돌기중에서 가장 높은 영역이 먼저 마멸이 진행되므로, 높이 인자(amplitude parameters)중에서  $R_{pk}$  (Reduced peak height)를 선정하였다. 연마 시간동안 패드 표면 거칠기( $R_{pk}$ )를 패드의 반경방향으로 측정된 결과를 그림 1에 나타내었다. 여기서 볼 수 있듯이 패드 표면 거칠기는 연마 시간과 반경방향에 대해 변화량이 큰 것을 알 수 있다. 패드 표면 거칠기 변화의 균일도와 연마균일도의 변화를 비교하여 그림 2에 나타내었고, 연마 불균일도는 초기에 표면거칠기와 함께 증가하며, 일정 시간이 지난 후 표면거칠기가 감소함에 따라 연마 불균일도가 낮

아지는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 공간상의 패드 표면거칠기 균일도는 연마 불균일도를 직접적으로 결정하는 인자가 됨을 알 수 있다.

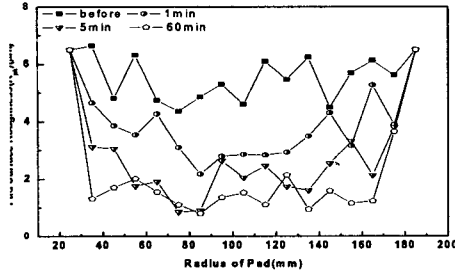


그림 1. 패드 반경에 따른 표면거칠기(R<sub>pk</sub>) 분포.

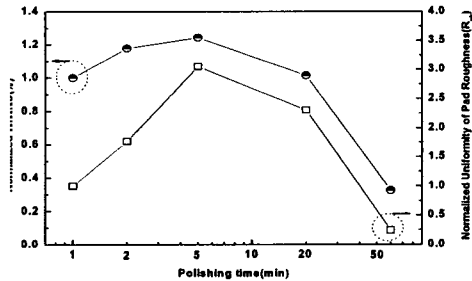


그림 2. 패드 표면거칠기(R<sub>pk</sub>)와 연마 불균일도 비교.

또한 패드 표면에 그루브를 가공하는 것은 패드 고유의 물성에는 변화가 없지만, 상대적인 패드 강성의 변화를 초래하게 된다. 그루브 밀도에 따른 패드의 유효강성을 측정하였고, 이에 따른 연마 불균일도의 결과를 그림 3에 나타내었다. 그루브 밀도가 증가하면 패드 강성이 감소하고, 궁극적으로 연마 불균일도가 감소하는 것을 그림 3에서 확인 할 수 있다. 이러한 결과로부터 패드 표면에 그루브를 가공함으로써 패드의 유효강성을 감소시켜 연마 불균일도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

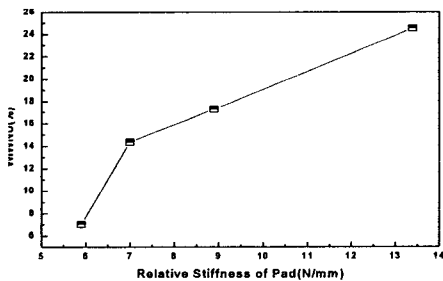


그림 3. 패드 유효강성과 연마 불균일도 비교.

패드 표면거칠기와 그루브에 의한 패드 유효강성 뿐만 아니라 주기적인 컨디셔닝 공정에 의해서 패드 마멸이 발생하게 되고, 이러한 컨디셔닝 공정시 컨디셔너와 패드의 속도비에 따른 불균일한 패드 마멸이 연마 불균일도에 영

향을 미치게 될 것이다. 따라서 컨디셔너 속도(W<sub>c</sub>)와 패드 속도(W<sub>p</sub>)의 비(R)를 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$R = \frac{W_c}{W_p} \quad (1)$$

R을 0.3, 0.6, 1.0, 1.5로 변화를 주면서 컨디셔닝을 하였고, 연마실험을 통하여 연마 불균일도를 그림 4에 나타내었다. 테이블과 헤드의 속도비가 증가할수록 선형적인 결과를 보여주지는 않지만, 컨디셔닝 공정에 의한 패드 마멸이 연마 불균일도에 영향을 미치는 것을 그림 4에서 확인할 수 있다. 테이블과 헤드의 속도비(R)가 0.3일 때 연마 불균일도가 가장 낮음을 알 수 있다.

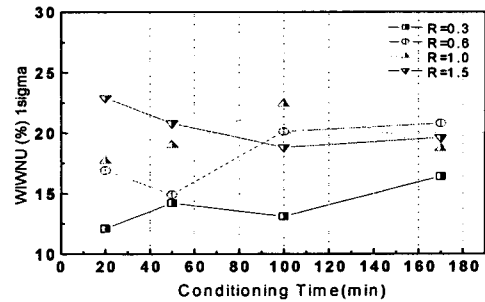


그림 3. 컨디셔너와 패드 속도비(R)에 따른 연마 불균일도

#### 4. 결론

본 연구에서는 패드 표면특성 중에서 표면거칠기, 그루브 밀도와 컨디션이 공정에 의한 패드 마멸이 연마 불균일도에 미치는 영향을 알아보았다.

패드 표면거칠기(R<sub>pk</sub>)는 연마 불균일도에 직접적으로 영향을 미치는 것이 실험적으로 확인되었으며, 표면거칠기의 균일도가 감소할수록 연마 불균일도는 감소하였다.

또한 패드 표면에 그루브를 가공함으로써 패드의 상대적인 유효강성이 감소하여 연마 불균일도는 감소하는 결과를 얻을 수 있었다.

그리고 컨디셔너 속도와 패드의 속도비(R)에 따른 컨디셔닝에 따라 패드의 불균일한 마멸이 발생되며, 6인치 웨이퍼 연마실험에서 R이 0.3일 때 가장 낮은 연마 불균일도를 나타냄을 알 수 있었다.

패드의 표면특성이 연마 불균일도에 미치는 영향을 명확히 파악하기 위해서는 이러한 인자들에 대한 마찰력의 변화를 고려한 실험이 진행되어야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] P. singer, Semiconductor International, vol. 6, p. 90-98, 1998.
- [2] A. Richard Baker, J. of the Electrochemical Society, Vol. 96-22, p. 228-238, 1986.
- [3] C. Srinivasa-Murthy et al., CMP-MIC Conference. Vol. 200p, p. 281-284, 1997.
- [4] Shih-Chieh Lin et al., International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 42, p. 99-103, 2002.