

Oxide CMP에서 Sliding Distance와 온도가 재료제거와 연마 불균일도에 주는 영향

김영진, 박범영*, 조한철, 정해도*

부산대학교 기계공학부 정밀가공시스템전공, *부산대학교 기계공학부

Effect of Sliding Distance and Temperature on Material Non-uniformity in Oxide CMP

Youngjin Kim, Boumyoung Park*, Hanchul Cho, Haedo Jeong*

Precision Manufacturing System Div. in Pusan National Univ., Mechanical Engineering Dept. in Pusan National Univ.*

Abstract : Through the single head kinematics, sliding distance is a movement of a pad within wafer. The sliding distance is very important to frictional heat, material removal, and so on. A Temperature distribution is similar to sliding distance. But is not same. Because of complex process factor in CMP. A platen velocity is a dominant factor in a temperature and material removal. WIWNU is low in head faster condition.

Key Words : CMP, Sliding distance, temperature; Removal rate; WIWNU, Rotation ratio

1. 서 론

화학기계적연마(Chemical Mechanical Polishing; CMP)는 슬러리와 대상재료의 화학적작용과 동시에 슬러리, 패드, 대상재료 사이의 상대운동에 의한 기계적작용으로 원자단위로 연마해 나가는 공정이다. 현재로는 반도체 디바이스 제조공정에서 필수공정으로 자리잡고 있는 CMP는 선풍이 줄어들면서 리소공정(Lithography)조건이 엄격해지고 평탄화의 정도가 심해지고 있는 실정이다. 더불어 웨이퍼 전면에 걸친 연마균일도는 수율에 중요한 역할을 하기때 연마를 차이를 제어할 수 있도록 CMP공정에 대해 세세하고 다각적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 Single Head Kinematics을 바탕으로 연마중에 웨이퍼 내의 패드의 미끄럼거리에 따라 웨이퍼 상에 온도의 발생 그에따른 영향과 연마률과의 관계를 알아보고 더 나아가 각 조건별 온도특성, 연마특성을 통해 균일한 연마공정을 논의해 보고자 한다.

2. 실험 및 장치

실험에는 G&P Technology(주)사의 POLI400을 사용하였으며 Rodel IC1400 K-groove 패드, 슬러리는 Rodel ILD1300을 사용하여 200cc/min의 유량으로 300g/cm²의 압력조건으로 1분간 4'' Oxide웨이퍼를 헤드와 정반회전속도별로 연마하였다. CMP 공정 중에 적외선 열 영상을 측정하였으며 카메라는 NEC San-ei Instrument사의 Thermo Tracer TH9100WL 모델을 사용하였다. 영상촬영시 온도대이터는 패드 상의 출구온도를 획득하였다. 박막측정은 K-MAC(주)사의 SpectraThick ST5030SL을 이용하였으며 웨이퍼 반경방향으로 19포인트를 측정하였다.

3. 결과 및 검토

CMP 중에 발생하는 정상상태의 온도는 근사적으로 압력과 속도에 대해 선형적인 관계를 보이며 웨이퍼가 접촉하지 않는 시간동안 주변 환경으로 방출하는 에너지 사이의 평형에 의해 그 온도가 결정된다. 열원이 되는 마찰열은 웨이퍼와 패드사이에서 발생하는데 같은 압력조건에서는 상대적인 미끄럼 거리에 따라 정해진다. 그림 1은 웨이퍼 내에서 패드의 미끄럼 거리를 나타낸다. Single head Kinematics를 통해 4''웨이퍼의 시뮬레이션 결과이다. 그림 2는 정반의 회전속도를 90rpm으로 고정하고 회전비에 따른 온도 Profile이다. 그림 1과 정확히 일치하지는 않지만 경향성면에서 유사성을 지님을 알 수 있다. 앞서도 언급하였지만 물리적인 마찰열 발생은 미끄럼거리이지만 주위 환경으로 열을 빼앗기고 열교환 과정으로 인하여 온도피크치가 더 올라가지 못하였고 또한 회전비가 낮아짐에 따라 그래프가 우측으로 치우치지 못하는 것은 패드그루브 형상에 기인하는 것으로 판단된다. XY 그루브에서는 다른 결과가 나올 것이고 앞으로 더 연구해 볼 필요가 있다. 또 다른 이견은 같은 회전비라 할지라도 정반이나 슬러리 유량에 따라 그림 1의 경향을 따르지 않는다는 것이다. 그림 3은 헤드의 회전속도를 60rpm으로 고정하였을때 회전비에 따른 온도 Profile인데 전혀 다른 양상을 띠고 있다. 이것은 정반의 회전속도가 슬러리 공급속도에 비해 느리기 때문에 패드상에 슬러리가 정체되는 현상이 나타났기 때문이다. 결과적으로 미끄럼거리와 온도분포는 유사성을 띠지만 CMP의 복잡한 메커니즘에 의해 여러 가지 기계적 화학적 인자에 영향을 받기 때문에 일치한다고는 말할 수 없다.

그래서 같은 회전비라 할지라도 헤드와 정반의 회전속도에 따라 결과가 다를 것으로 예상하고 그림 4에 나타낸 바와 같이 헤드와 정반의 회전속도에 따른 평균온도를 측정하였다. 평균온도는 헤드속도보다 정반의 회전속도에 지배적임을 알 수 있다. 즉 같은 회전비라도 정반의 회전속도가 높은 조건일 경우 평균온도가 높으며 같은 정반의

회전속도에서 헤드의 회전속도는 평균온도에 지대한 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 온도와 재료제거율의 관계는 비례하는 것으로 많이 알려져 있다. 실제 연마결과도 헤드의 회전속도 변화보다 정반의 속도변화에 따라 연마율이 크게 차이가 남을 알 수 있다. 그림 5는 헤드와 정반을 각각 90rpm으로 고정했을 때 연마 Profile을 나타내고 있다. 또 하나 주목할 것은 회전비(R)가 올라가면서 연마 불균일도(within wafer nonuniformity; WIWNU)가 낮아진다는 것이다. 즉, 다시 말해 정반의 속도보다 헤드의 속도가 빠를수록 연마 균일도가 증가한다. 그림 6은 1σ uniformity기준의 재료제거의 연마불균일도를 나타낸 것이다. 이것은 단순 회전비가 높아진다고 하여 균일도가 좋아지는 것이 아님을 보여준다. 정반의 속도를 낮추는 불균일도에 영향을 미치지 못하지만 헤드의 속도를 높이는 것은 효과가 있음을 알 수 있다.

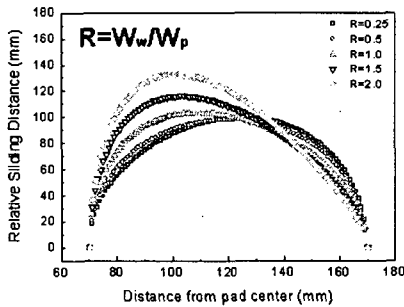


그림 1. 회전비에 따른 패드의 Sliding Distance.

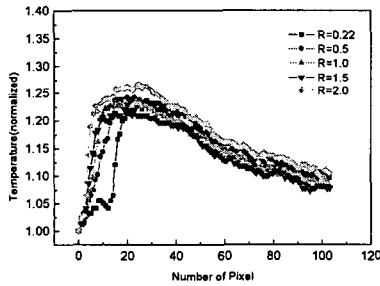


그림 2. 정반의 회전속도 90rpm일때 온도 Profile.

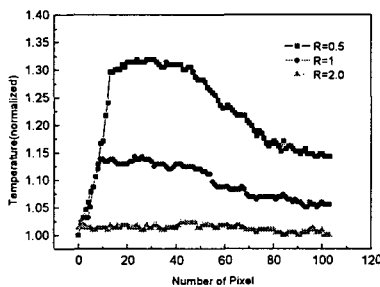


그림 3. 헤드의 회전속도 60rpm일때 온도 Profile.

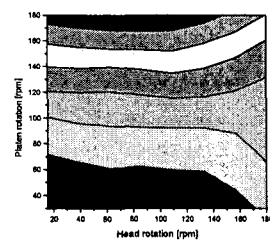
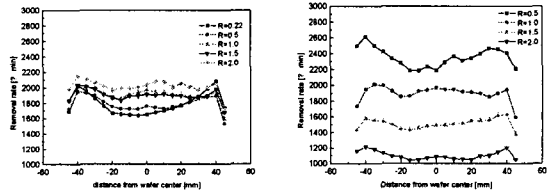
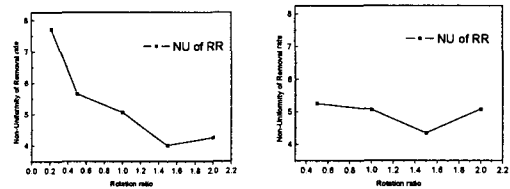


그림 4. 헤드와 정반의 회전속도에 따른 평균온도.



(a) 정반 회전속도 90rpm (b) 헤드 회전속도 90rpm

그림 5. 회전비에 따른 연마 Profile.



(a) 정반 회전속도 90rpm (b) 헤드 회전속도 90rpm

그림 6. 회전비에 따른 연마 불균일도.

4. 결론

본 연구에서는 Single Head Kinematics 해석에서의 미끄럼거리 결과를 바탕으로 Oxide CMP에서 회전비(R)에 따라 온도, 연마율, 연마불균일도를 알아보았다. 미끄럼거리와 온도분포는 유사한 경향성을 보였으나 CMP의 복잡한 메커니즘 특성상 만족할 만한 기준이 되지 못하였다. 앞으로 슬러리유량과 패드의 그루브형상에 따라 추가 실험이 필요하다. 회전비에 따른 헤드와 정반 속도 실험에서는 정반의 속도가 온도에 지배적인 영향을 주었고 또한 재료제거율에도 관계가 있었다. 연마불균일도는 회전비의 영향보다는 좀 더 구체적으로 말하자면 정반보다 헤드가 빠를수록 낮아졌다.

참고 문헌

- [1] 김형재, "CMP 공정에서 발생하는 연마온도 분포에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제20권, 제3호, pp. 42-49
- [2] 권대회, "CMP특성과 온도의 상호관계에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제19권, 제10호, pp. 156-162
- [3] 김형재, "회전형 CMP장비의 속도 및 마찰력 분포 해석," 한국정밀공학회지, 제20권, 제5호, pp. 39-46