

WCMP에서 발생하는 W plug내 slurry particle제거에 관한 연구

양찬기, 권태영*, 홍의관*, 강영재*, 박진구*
삼성전자, 한양대학교 재료화학공학부*

The study on removal of slurry particles on W plug generated during tungsten CMP

Chan-Ki Yang, Tae-Young Kwon, Yi-Koan Hong, Young-Jae Kang and Jin-Goo Park
Samsung Electronics, Hanyang University*

Abstract : In general, HF chemistry lifts off the particles during scrubbing after polishing and effectively removes particles. It is sometimes impossible to apply HF chemistry on W plug due to the degradation of electrical characteristics of a device. In this paper, a post W CMP cleaning process is proposed to remove residue particles without applying HF chemistry. After W CMP, recessed plugs are created, therefore they easily trap slurry particles during CMP process. These particles in recessed plug are not easy to remove by brush scrubbing when NH₄OH chemistry is used for the cleaning because the brush surface can not reach the recessed area of plugs. Buffing with oxide slurry was followed by W CMP due to its high selectivity to W. The buffing polishes only oxide slightly which creates higher plug profiles than surrounding oxide. Higher profiles make the brush contact much more effectively and result in a similar particle removal efficiency even in NH₄OH cleaning to that in HF brush scrubbing.

Key Words : Tungsten(W), Chemical Mechanical Polishing(CMP), Slurry Residue, NH₄OH, Buffing

1. 서 론

최근 반도체공정에서 metal interconnection은 W에서 Cu로 대체되는 추세에 있지만, W는 design rule이 90nm 이하의 device에서도 contact plug형성을 위해 여전히 중요하다. W CMP (Chemical Mechanical Planarization) 는 metal interconnection, 즉 W Plug형성을 위한 유일한 방법으로서 W과 절연막사이의 선택비 조절을 통하여 절연막 상부의 W를 제거후 contact/via plug에만 W를 남기는 process이다 [1]. 안정적인 device yield관리를 위해서 WCMP에서는 중요한 2가지 측면에서의 Control이 중요하다. 첫째, erosion, dishing, plug recess, and seam과 같은 pattern geometry특성에 관련된 것이고, 둘째, slurry particles, micro-scratch, and metallic impurity 같은 defect와 관련된 것이다. 현재, 양산에서는 equipment, slurry, pad 그리고, pressure, speed와 같은 process condition 등의 synergistic 효과를 통해 대부분의 issue가 해결되었다. 하지만, 아직까지 해결되지 않은 issue 중의 하나는 W plug위 slurry particle이다. 이러한 particle은 W plug와 상부 metal사이를 blocking하여 contact 저항을 증가시킴으로서 device의 전기적인 특성을 저하시키며, 신뢰성까지 영향을 줄 수 있다. 이 slurry particle은 post CMP cleaning시 HF chemistry를 적용하면 효율적으로 제거할 수 있다 [2]. 그러나 일부 device는 W plug상에서 HF 노출시 오히려 전기적인 특성을 저하되는 issue가 있어 적용할 수가 없다 [3]. 따라서 본 연구에서는 NH₄OH baseline의 post CMP cleaning을 통해 WCMP 후 발생하는 W plug위의 particle을 제거하기 위한 실험을 수행하였다. slurry particle과 W. dielectric간의 adhesion force가 분석되었고, W plug geometry, NH₄OH 농도, brush scrubber 횟수

에 따른 particle제거효율을 평가하였다.

2. 실험

본 실험은 4개의 platen을 갖는 IPEC 776 polisher에서 commercial fumed based W slurry와 oxide slurry, 그리고, IC1000 pad (Rohm & Hass)등을 사용하였고, 실제 실험은 편차를 최소화하기 위하여 1개의 platen만 사용하였다. post CMP cleaning은 polisher에 integrated된 PVA brush scrubber에서 0.7wt% NH₄OH solution을 사용하여 진행되었다. Blanket W, PETEOS (Plasma Enhanced Tetraethylorthosilica) 그리고, patterned W wafer는 adhesion force측정, polishing test를 위해 각각 준비되었다. Adhesion force는 AFM (PSIA XD-100)으로 측정하였고, W plug 위 particle 성분분석은 Transmission Electron Microscope (Phillips CMB00F) 로 측정되었다. W plug의 각 geometry (Flat, recessed and protrusion)는 particle의 흡착과 제거를 확인하고 분석할 목적으로 1st step에서 W slurry로 W를 제거하고 2nd step에서 SiO₂ base oxide slurry buffing을 통해 제작되었다. WCMP 후 defect map은 KLA를 통해 확인하였고, scanning electron microscope을 통해 defect를 visualize하였다.

3. 결과 및 검토

W slurry와 동일한 pH 3인 용액에서 blanket W, PETEOS와 tipless cantilever에 흡착된 silica particle간의 adhesion force를 측정시 W과 PETEOS에서 adhesion force는 각각 6, 26nN 이었다. silica particle의 adhesion force는 W위보다 PETEOS 위에서 더 높게 측정되었다.

그림 1은 W plug위의 particle에 대한 TEM과 EDX분석결과를 보여준다. TEM micrograph에서는 300A recess된 W plug와 particle을 관찰할 수 있으며, EDX분석에서 slurry성분인 Si, O를 확인할 수 있다.

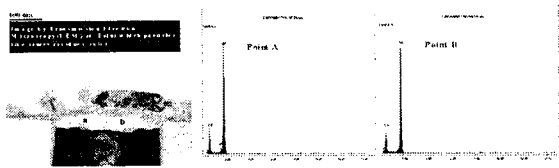


그림 1. W plug profile과 particle의 TEM, EDX분석

이전 adhesion force분석에서 W plug위의 silica particle은 매우 작은 값을 갖기 때문에 상대적으로 cleaning이 쉽다. TEM상에서 관찰된 recess된 W plug은 cleaning동안에 removal force를 particle에 미치지 못하게 함을 알 수 있다. 그림 3은 recessed W plug에 trap된 slurry particle은 NH₄OH 농도에 관계없이 제거가 불가능하다는 것을 보여준다.

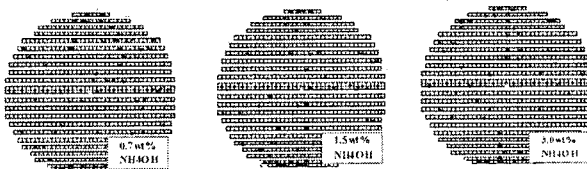


그림 2. NH₄OH 농도에 따른 defect map

그림 4는 0.7wt% NH₄OH조건에서 brush scrubbing 반복에 따른 slurry particle의 제거정도를 보여주는데, 6회 반복시에도 완전히 제거되지 않는다.

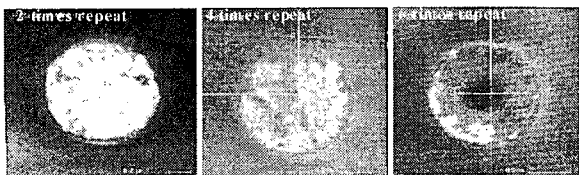


그림 3. cleaning횟수에 따른 slurry residue의 SEM image

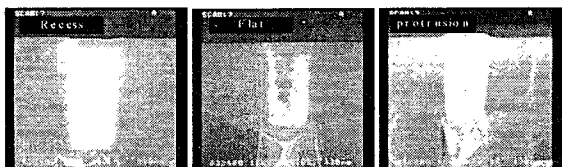


그림 4. W plug의 각 geometry에 대한 VSEM image

그림 5는 W plug의 다른 geometry, 즉 recessed, flat, protrusion profile의 SEM image를 나타낸다. 절연막의 높이

를 zero로 가정하면 recessed, flat, protrusion W plug의 높이는 각 -190, 0, and 230 A이다. 그림6은 각 geometry에 따른 slurry residue 발생결과를 보여주는데, recessed W plug wafer는 9~46ea의 slurry particle이 발생했으며, flat, protrusion W plug wafer는 particle이 발견되지 않았다..

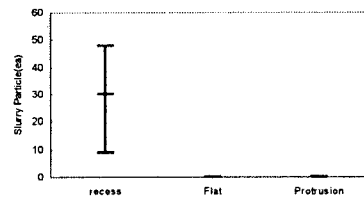


그림 5. W plug의 각 geometry에 따른 slurry particle 수

4. 결론

WCMP는 slurry에 의한 W과 절연막간의 선택비 조절을 통해 절연막 위의 W를 제거하는 process이기 때문에 W plug recess는 불가피하다. slurry particle제거는 HF chemistry가 효율적이거나, 특정 device는 전기적인 특성저하로 적용이 불가하기 때문에 NH₄OH baseline으로 적용되어야 한다. W plug상에 particle의 불충분한 제거는 brush removal force가 W plug상의 particle에 비효율적으로 전달되기 때문이다. W plug geometry는 oxide slurry buffing을 통해서 만들어졌는데, flat, protrusion W plug에서는 removal force가 W plug위에 효율적으로 전달될 수 있기 때문에 WCMP후 어떠한 slurry particle도 발생되지 않았고 HF와 거의 동일수준의 효과를 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 Post BK 21사업 그리고 교육부, 인적자원개발부, 산업자원부, 노동부의 재정적 지원으로 수행한 최우수 연구실 육성 과제의 연구비로 수행 되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] F. B. Kaufman, D. B. Thompson, Journal of Electrochemical Soc. Vol. 138, No. 11 (1991) p 34
- [2] J. M. de Larios, J. Zhang: MICRO Magazine, Evaluating chemical mechanical cleaning technology for post-CMP applications (1997), p.61
- [3] G. S. Cho, H. S. Kim, J. K. Lee, J. D. Jeng, D. Y. Kim: CMP-MIC, Vol. 9 (2005), p. 2