

고온 패드 컨디셔닝 후 열산화막 연마 메커니즘 연구

최권우, 김남훈, 서용진*, 이우선
 조선대학교, *대불대학교

Study on Polishing Mechanism of Thermal Oxide Film after High-Temperature Conditioning

Gwon-Woo Choi, Nam-Hoon Kim, Yong-Jin Seo*, Woo-Sun Lee
 Chosun Univ., *Daebul Univ.

Abstract : By the high-temperature pad conditioning process: The slurry residues in pores and grooves of the polishing pad were clearly removed. These clear pores and enlarged grooves made the slurry attack the oxide surface. The changed slurry properties by high-temperature pad conditioning process made the oxide surface hydro-carbonate to be removed easily.

Key Words : Chemical mechanical polishing(CMP), Pad conditioning, Removal Rate, Pore, Groove, H-C-O-Si bond

1. 서 론

패드 컨디셔닝(pad conditioning)은 CMP 공정 전후에 패드 표면의 다공성과 거칠기를 유지하도록 하기 위하여 상온의 DIW(de-ionized water)를 흘려주면서 미세한 다이아몬드 입자가 묻어 있는 컨디셔너(conditioner)를 사용하여 패드 위에서 직접 수행되며, 패드 컨디셔닝 기술에 의해 연마 패드가 리프레쉬(refresh) 된 후에 연마율을 다시 회복시킬 수 있는 중요 공정이다[1]. 일반적인 컨디셔닝 공정에서 DIW의 온도를 상승시켜 공정 수행할 때, 열산화막의 연마 특성에 미치는 영향 및 연마패드의 특성 변화에 대해서 본 연구팀에 의해서 발표된 바가 있다[1]. 해당 논문에서 본 연구팀은 컨디셔닝 온도가 상승함에 따라서 연마패드의 기공 및 그루브에 남겨진 슬러리 잔류물 등이 보다 완벽하게 제거되어서, 슬러리의 함유 및 유동 능력을 향상시키게 되어 열산화막의 연마율의 향상을 이끌어 낼 수 있음을 설명하였다[1]. 또한, 고온 DIW를 사용한 컨디셔닝 공정 수행에 따라서 패드 표면이 다소 연화되어 열산화막의 표면 특성도 개선됨을 보였다[1]. 하지만, 해당 논문에서는 연마패드의 기공과 그루브의 슬러리 함유 및 유동 능력 향상만으로 열산화막의 연마율 향상을 설명하기에는 미흡함이 있었고, 열산화막 표면 특성 개선 측면에 있어서 산화막의 SEM 분석 한계로 인하여 명확한 증거자료를 보여줄 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy) 장비를 이용하여 고온 컨디셔닝 공정 후의 산화막 표면 분석을 시도하였고, SEM 분석을 대체할 수 있는 AFM 분석을 통한 개선된 표면 결과를 보여주하고자 한다. 이를 통하여 고온 컨디셔닝에 의한 열산화막의 연마 메커니즘을 규명하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서 CMP 공정에 사용되어진 연마패드는 RODEL사의 IC1400 연마패드 위에서 수행하였다[1]. 컨디셔닝을 수행할 때 컨디셔너와 함께 주입되어지는 DIW의 온도를 자동 온도조절기에서 각각 20℃, 35℃, 50℃, 65℃,

80℃의 온도로 증가시켜서, 각 온도에서 컨디셔닝을 하였을 때 패드 위에 잔류하는 슬러리 흡착 정도와 그 때의 산화막 연마율을 측정하였다. 산화막은 3~6 Ωcm의 저항을 갖는 n-type (111) 방향의 4인치 실리콘 웨이퍼를 열산화시켰으며, 산화막의 두께는 Ellipsometer(J.A woollam, M-2000V)를 이용하여 측정하였다. CMP 전 열성장한 산화막의 두께는 약 980nm이었다. 본 연구에서는 LOGITECH사의 PM-5 연마 장비를 이용하여 CMP 공정을 수행하였다[2]. 웨이퍼 세정은 NH₄OH:H₂O₂:H₂O를 1:2:7의 비율로 제조된 SC-1 케미컬에서 2분, 1:10의 DHF 용액에서 1분, 이후 초음파 세척기를 이용하여 5분 동안 클리닝하는 시퀀스를 사용하였다[2,3]. 컨디셔닝 온도 변화에 따른 열산화막의 표면 조성 변화를 조사하기 위하여, 열산화막 시편을 컨디셔닝 후의 공정 온도에 해당하는 슬러리에 넣어서 1시간 동안 유지한 후에 Al ka (1486.6eV)를 사용하는 XPS (VG Scientific ESCALAB 250)를 이용하여 표면 분석을 시도하였다. 고온 컨디셔닝에 의한 열산화막 표면 특성 개선을 보여주기 위하여 AFM (PSIA XE-100) 장비를 사용하였다.

3. 결과 및 검토

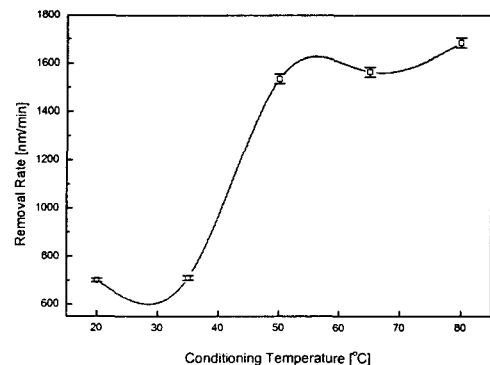


그림 1. 컨디셔닝 온도에 따른 열산화막의 연마율[1].

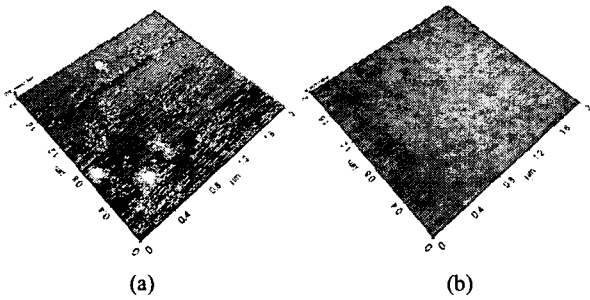


그림 2. 컨디셔닝 온도 변화에 열산화막의 AFM 표면 형상; (a) 일반적인 20°C DIW, (b) 80°C DIW.

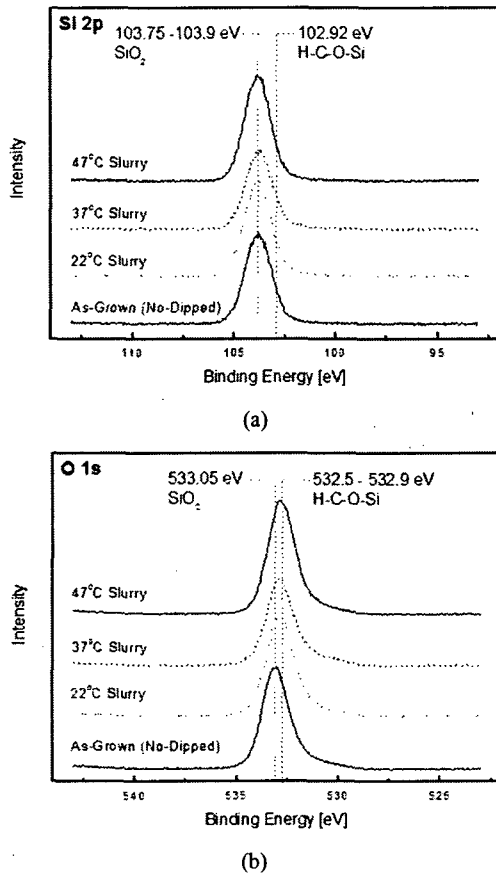


그림 3. 컨디셔닝 온도 변화에 따른 열산화막의 XPS narrow scan 스펙트럼; (a) Si 2p, (b) O 1s.

그림 1은 컨디셔닝 온도 변화에 따른 열산화막의 연마율 변화를 나타낸 것으로[1], 일반적인 컨디셔닝 온도보다 고온의 DIW를 이용한 컨디셔닝한 직후에 CMP 공정을 실시하였을 시에 열산화막의 연마율이 70nm/min에서 168.5nm/min까지 급격하게 증가함을 확인할 수 있다. 이는 저온에서보다 고온에서의 컨디셔닝을 하였을 때 패드 표면이 양호한 다공성의 기공을 확보할 수 있었고, 그루브에서 슬러리의 잔류물도 제거할 수 있어서 CMP 공정 시에 슬러리의 흐름이 원활해지는 것이 연마율의 증가에 영향을 미친 것임을 증명하였었다[1]. 한편, 컨디셔닝 온도가 20°C, 50°C, 80°C였을 때의 CMP 공정중에 실시간 모니터

링한 연마 온도는 각각 22°C, 37°C, 47°C를 나타냈다. 또한, 온도에 따른 패드의 경도를 조사하였을 때 패드의 tangent δ 는 60°C에서 최고값을 갖는다[1]. 컨디셔닝 시에 80°C의 DIW를 사용하면 57°C의 잔열이 CMP 공정 중에 패드 특성에 영향을 미치고, 결과적으로 경도가 다소 낮아진 패드에 의해서 연마된 산화막 표면은 결합없는 우수한 표면 특성을 얻게 된다. 이를 그림 2에서 확인할 수 있다. 특히, 연마율 향상의 원인을 보다 명확하게 하기 위해서는 컨디셔닝 온도에 따른 열산화막의 표면 거동을 조사할 필요가 있다. 그림 3은 그림 1에서 측정된 22°C, 37°C, 47°C의 슬러리에 1시간 동안 놓았던 산화막 표면의 XPS 분석 결과이다. 그림 3(a)의 Si 2p 스펙트럼에서의 103.75 및 103.9eV는 SiO₂에 해당한다. 증착 직후의 슬러리에 담그지 않았던 시편에서는 대부분의 Si가 Si-O의 결합으로 존재한다. 하지만, 37°C와 47°C의 슬러리에 담그었던 시편에서는 102.9eV에서 피크가 점점 커짐을 확인할 수 있는데, 이는 H₂C₂Si₂O₃이다[4]. 그림 3(b)의 O 1s 스펙트럼에서 증착 직후의 시편에서는 대부분의 O가 SiO₂(544.05eV) 형태로 존재함을 볼 수 있다. 22°C에 담그었던 시편에서는 SiO₂와 함께 532.74eV의 H₂C₂Si₂O₃ 피크가 검출된다[4]. 고온의 슬러리에 놓았던 시편들의 XPS 피크는 H₁₀C₁₂O₃Si₂(532.59eV) 및 H₁₆C₁₀O₃Si₂(532.50eV)으로 이동한다[4,5]. 즉, 고온에서 컨디셔닝 하였을 경우에 잔열에 의해서 슬러리의 특성이 변하고, 변화된 슬러리 특성들은 열산화막 표면의 Si-O 결합을 H-C-O-Si 결합으로 변화시킨다.

4. 결론

컨디셔닝 온도가 증가하면서 잔열에 의해 연마 온도가 상승하고, 슬러리 특성이 변화한다. 이는 열산화막 표면에 H-C-O-Si 결합을 생성시키며, CMP 공정의 기계적 요소에 의해 보다 쉽게 제거되어 연마율 향상을 가져오게 된다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 학술진흥재단의 중점 연구소 지원에 의해서 연구되었음(KRF-2004-005-D00007).

참고 문헌

- [1] 최권우, 김남훈, 서용진, 이우선, 전기전자재료학회논문지, 18권, 4호, p. 297, 2005.
- [2] 이우선, 최권우, 김남훈, 박진성, 서용진, 한국전기전자재료학회논문지, 17권, 12호, p. 1296, 2004.
- [3] 이우선, 고필주, 김남훈, 서용진, 전기전자재료학회논문지, 18권, 1호, p. 12, 2005.
- [4] C. D. Wagner, D. E. Passoja, H. F. Hillery, T. G. Kinisky, H. A. Six, W. T. Jansen, J. A. Taylor, J. Vac. Sci. Technol., Vol. 21, p. 933, 1982.
- [5] J. A. Gardella, R. L. Chin, S. A. Ferguson, M. M. Farrow, J. Electron. Spectrosc., Vol. 8, p. 343, 1976.