

CMP 공정중 TEOS 막의 슬러리 온도 변화에 따른 표면 분석 연구

고필주, 김남훈, 서용진*, 이우선
 조선대학교, *대불대학교

Study on Surface Analysis of TEOS Film by Change of Slurry Temperature in CMP Process

Pil-Ju Ko, Nam-Hoon Kim, Yong-Jin Seo*, Woo-Sun Lee
 Chosun Univ., *Daebul Univ.

Abstract : The increasing hydroxyl (OH⁻) groups diffused into the TEOS and then weakened reactants such as H-C-O-Si bonds on the surface of TEOS film were actively generated with the increase of slurry temperature. These soft reactants on the surface of TEOS film could be removed easily by mechanical parts of CMP.

Key Words : Chemical mechanical polishing(CMP), Tetra-ethyl ortho-silicate(TEOS), Slurry temperature, H-C-O-Si bond

1. 서 론

CMP 연마 특성은 연마장비 및 연마패드, 탄성지지대, 슬러리 등의 소모재(consumable)들과 같은 공정변수들에 의해서 최적화 되어진다. 이러한 CMP 공정의 소모재들 중에서 특히 슬러리는 CMP 공정의 연마율(removal rate)과 비균일도(WIWN) 등에 중요한 역할을 한다. 슬러리 온도가 연마 특성에 미치는 영향 및 온도에 따른 슬러리 특성에 대해서 본 연구팀에 의해서 발표된 바가 있다[1]. 하지만, 당시에는 현상학적인 결과만을 보고하였고 슬러리 온도가 증가함에 따라서 연마율이 증가하는 원인에 대한 설명이 부족했던 것이 사실이다[1]. 따라서, 본 연구에서는 슬러리 온도 변화에 의해서 TEOS(tetra-ethyl ortho-silicate) 산화막의 표면 조성 변화를 조사함으로써 그 원인을 밝히고자 한다. 또한 이러한 연구 결과를 바탕으로 TEOS 산화막의 연마 메커니즘을 규명하여 TEOS 산화막의 연마 특성 개선을 도모하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서는 PECVD 공정에 의해 190nm의 TEOS 산화막이 증착된 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. 모든 연마 공정은 G&P Technology사의 POLI-380 장비로 진행하였다[2]. 연마 패드는 Rodel 사의 IC-1300과 Suba IV를 PSA II로 정착시킨 이중패드를 사용하였다[2]. 공정 조건은 DOE(design of experiments) 방법을 사용하여 최적 조건을 산출하였으며[3], 테이블 속도는 40 rpm, 헤드 속도는 60 rpm, 헤드 압력은 300 gf/cm², 슬러리의 유속은 90 ml/min으로 설정하여 60초 동안 연마를 진행하였다. 또한 패드 컨디셔닝 압력은 2 kgf/cm²로 고정하였고, 연마 패드는 교체 없이 사용하였다. 슬러리는 SiO₂-based slurry(실리카 슬러리)가 사용되었다. 상온에서의 슬러리 온도는 25 °C이다. 연마 실험은 전열기(hot plate)와 냉각장치(chiller)를 이용하여 슬러리의 온도를 10 °C에서 90 °C까지 10 °C 간격으로 증가시켜가며 실험하였다. 실험 중의 모든 온도는 IR(infrared rays) 온도계를 이용하여 측정하였다. 슬러리의

pH는 자동 온도 조절 측정이 가능한 Nano ZS (Malvern Instruments Ltd.) 장비로 측정하였다. 연마율을 계산할 때 측정에 따른 오차를 방지하기 위해 J. A. Woollam사의 M-2000V 엘립소미터(spectroscopic ellipsometer)를 이용하여 각 웨이퍼마다 중앙에서 가장자리까지 시계 방향으로 9점의 동일한 지점들을 측정하였다. 슬러리 온도 변화에 따른 TEOS 막의 표면 조성 변화를 조사하기 위하여, TEOS 막 시편을 특정 온도의 슬러리에 넣어서 1시간 동안 유지한 후에 Al ka (1486.6eV)를 사용하는 X-ray photoelectron spectroscopy(XPS; VG-Scientific ESCALAB 250)를 이용하여 표면 분석을 시도하였다.

3. 결과 및 검토

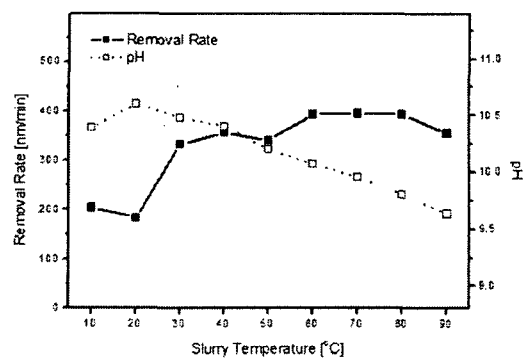
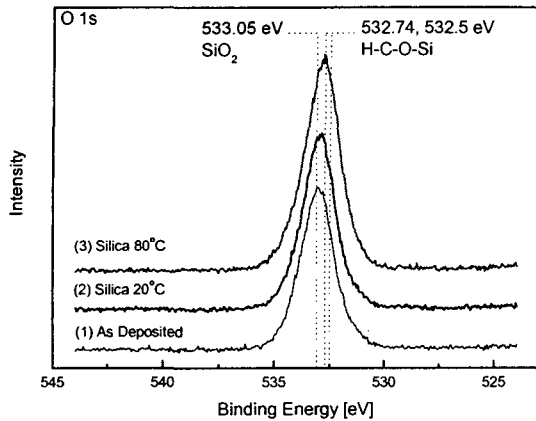
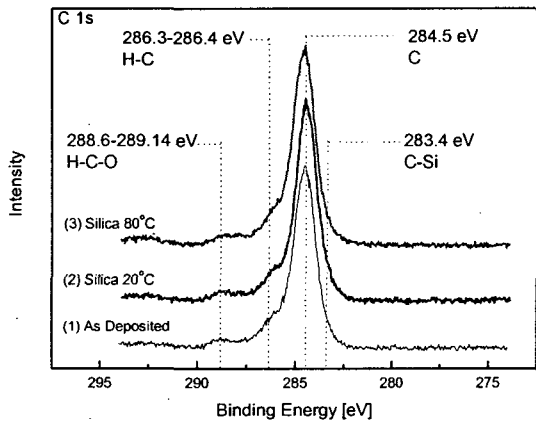


그림 1. 슬러리 온도에 따른 TEOS 막의 pH 및 연마율[1].

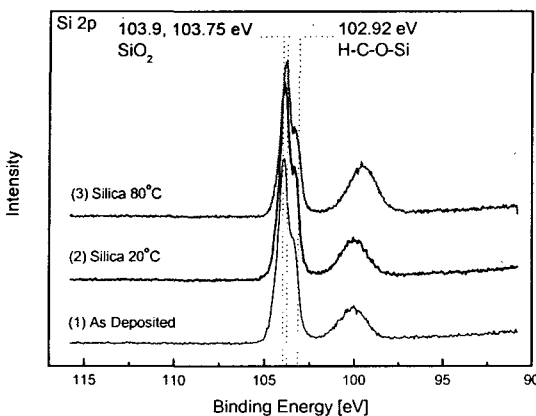
그림 1은 실리카 슬러리의 온도 변화에 따른 TEOS 산화막의 연마율 및 슬러리의 pH를 나타낸 것으로[1], 슬러리 온도 조건은 10 °C에서 90 °C까지 10 °C간격으로 조정하였다. 100 °C 근처에서는 슬러리가 졸(sol) 상태가 되어서 슬러리로서의 효용성은 떨어졌으나 슬러리의 온도 의존성을 조사하기 위해 실험을 진행하였다. 일반적인 CMP 공정에서는 183.0 nm/min의 연마율을 보였으나, 이후에 온도가 상승함에 따라서 향상된 연마율을 얻을 수 있었다. 즉, 일반적인 공정 온도 조건에서보다 상승한 온도 조건에서



(a)



(b)



(c)

그림 2. 슬러리 온도 변화에 따른 TEOS막의 XPS narrow scan 스펙트럼; (a) O 1s, (b) C 1s, (c) Si 2p.

약 1.5배에서 2배 정도의 향상된 연마율을 확보할 수 있었다. 한편, 슬러리 온도가 증가함에 따라서 pH는 완만하게 감소하는 경향을 보인다. 일반적으로 사용되지는 않지만, pOH는 $pH+pOH=14$ 의 식에 의해서 명확히 정의된다[4]. 즉, pH가 감소한다는 것은 슬러리 내에서 OH^- 농도가 증가함을 가리킨다. 이렇게 증가된 OH^- 그룹은 TEOS 산화막으로 침투하여 표면을 약화시킨다[4]. 약화된 TEOS 산화막의 표면은 CMP 공정의 기계적인 요소에 의해 보다 쉽게 연마되어지고, 따라서 연마율이 향상된 것으로 사료된다.

그림 2는 각기 다른 온도의 슬러리에 1시간 동안 넣었던 산화막 표면의 XPS 분석결과이다. 그림 2(a)의 O 1s 스펙트럼에서 증착 직후의 TEOS 산화막은 533.05eV에서 대부분의 O 원소가 SiO_2 형태로 존재함을 보여준다. 슬러리 온도가 증가함에 따라서 TEOS 산화막 표면에 $H_6C_2Si_2O_3$ 및 $H_{16}C_{10}OSi_2$ 와 같은 H-C-O-Si 결합이 생성됨을 볼 수 있다[5]. 그림 2(b)의 C 1s 스펙트럼의 변화에서도 고온 슬러리에 담갔던 시편에서 H-C-O 및 C-Si 결합이 증가함을 확인할 수 있다. 그림 2(c)의 Si 2p 스펙트럼에서는 고온의 슬러리로 갈수록 따라서 102.9eV에서 $H_6C_2Si_2O_3$ 피크가 증가함을 확인할 수 있다[5]. 즉, XPS 분석 결과 OH^- 이온들이 TEOS 산화막의 표면에서 Si-O 결합을 분리하여 H-C-O-Si 결합을 생성하는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 슬러리 온도를 조절하면서 TEOS 산화막을 CMP 공정 수행하였을 때 슬러리 온도가 증가함에 따른 연마율 증가의 원인에 대해 조사하였다. 슬러리 온도가 증가하면서 슬러리 내에 OH^- 이온들이 증가하여 TEOS 산화막 표면으로 침투하고 H-C-O-Si 결합을 생성하게 된다. H-C-O-Si 결합은 CMP 공정의 기계적 요소에 의해서 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] 고필주, 박성우, 김남훈, 서용진, 이우선, 전기전자재료학회논문지, 18권, 3호, p. 219, 2005.
- [2] Yong-Jin Seo and Woo-Sun Lee, Micro- electronic Engineering, Vol. 75, Iss. 2, p. 149, 2004.
- [3] 최민호, 김남훈, 김상용, 장의규, 전기전자재료학회논문지, 18권, 1호, p. 24, 2005.
- [4] M. R. Oliver, Chemical-Mechanical Planarization of Semiconductor Materials, 2004.
- [5] 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. 21 (1982) 933.