

BTO 박막의 화학적 기계적 연마 특성 연구

고필주, 김남훈, 박진성, 서용진*, 이우선
 조선대학교, *대불대학교

Study on Characteristics of Chemical Mechanical Polishing of BTO Thin Film

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

Abstract : Sufficient removal rate with adequate selectivity to realize the pattern mask of tetra-ethyl ortho-silicate (TEOS) film for the vertical sidewall angle were obtained by chemical mechanical polishing (CMP) with commercial silica slurry as a function of pH variation. The changes of X-ray diffraction pattern and dielectric constant by CMP process were negligible.

Key Words : Chemical mechanical polishing(CMP), Barium titanate(BTO), Silica slurry, Selectivity

1. 서론

반도체 소자의 고밀도 및 고집적화에 의해 더욱 높은 정전용량(capacitance)이 요구되어진다. 기존의 SiO₂ 및 Si₃N₄ 등은 낮은 유전율에 의한 낮은 정전용량의 이유로 고밀도 DRAM 적용에 어려움이 있다[1]. 이러한 이유로 유전율이 높은 물질들이 개발되었고, 이러한 물질들의 고밀도 소자 적용을 위한 공정 연구가 활발히 진행되었다. 하지만, 이러한 높은 유전율을 갖는 물질들은 대부분 습식 식각은 불가능하며, 다양한 장비 및 가스들을 활용한 플라즈마 건식 식각 공정에서도 낮은 식각률, 낮은 측면 각도 등의 문제가 제기되었다. 특히 낮은 측면 각도는 소자의 집적화를 감소시키고, 플라즈마 공정 중 플라즈마에 기인하는 damage를 받게 되어 후속 열처리 공정을 통해서 회복시켜 줘야 하는 문제도 보고 되었다[2]. 후속 열처리 공정은 소자 제조 공정을 복잡화시키고, 고온 열처리 공정에 의한 소자 열화 현상을 야기할 우려가 있다. 따라서, 본 연구에서는 화학적 기계적 연마 (CMP; chemical mechanical polishing) 공정을 적용한 BTO 상유전체 박막의 패턴링의 가능성을 확인하기 위한 기초 실험을 진행하고자 한다.

2. 실험

본 실험을 위해서 BaCO₃:TiO₂(1:1)을 DIW와 지르코니아 볼과 함께 혼합하여 12시간 볼 밀링한 후에 120℃에서 36시간 건조하여 58.64mm의 몰드에 6톤의 일축가압으로 성형한 뒤, 전기로에서 900℃ 6시간 및 1200℃ 4시간 소결하여 BTO 타겟을 제작하였다. BTO 박막 증착을 위한 4인치 SiO₂/Si 웨이퍼는 세척 및 자연산화막 제거를 위하여 기관을 1:4의 H₂SO₄: H₂O₂ 및 10:1의 H₂O:HF용액(DHF)과 탈이온수(DIW)를 각각 사용하였다. RF 스퍼터링 시스템으로 상기 웨이퍼 위에 직접 BTO 박막을 증착시켰으며, 증착시의 공정조건은 Ar가스 1sccm, RF power 60W, 증착시간 90분, 진공은 3.6×10⁻²Torr로 하였으며 15rpm으로 회전하며 약 700nm의 박막을 증착하였다. 선택비(selectivity)

측정을 위한 TEOS 박막은 PECVD 공정에 의해 약 1900nm 증착한 웨이퍼를 사용하였다. BTO 박막은 전기로에서 air 분위기에서 400℃에서 1100℃까지 100℃ 간격으로 2시간동안 열처리 하였다. 모든 연마 공정은 G&P Technology사의 POLI-380 장비로 진행하였다[3]. 연마 패드는 Rodel 사의 IC-1300과 Suba IV를 PSAⅡ로 접착시킨 이중패드를 사용하였다[3]. 연마 공정시 테이블속도는 50rpm, 헤드속도는 50rpm, 헤드압력은 300gf/cm², 슬러리의 유속은 90ml/min으로 설정하여 30초 동안 연마를 진행하였다. 또한 패드 컨디션 압력은 2 kgf/cm²으로 고정하였고, 연마 패드는 교체 없이 사용하였다. 슬러리는 3종류의 상용 SiO₂-based slurry(실리카슬러리)가 사용되었다. 연마율을 계산할 때 측정에 따른 오차를 방지하기 위해 J. A. Woollam사의 M-2000V 엘립소미터를 이용하여 각 웨이퍼마다 중앙에서 가장자리까지 시계 방향으로 9점의 동일한 지점들을 측정하였다. BTO 막의 CMP 전후의 특성 변화를 조사하기 위해서 XRD(X-ray diffraction; Philips, X'pert-PRO-MRD) 및 AFM(atomic force microscopy; PSIA XE-100)을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 검토

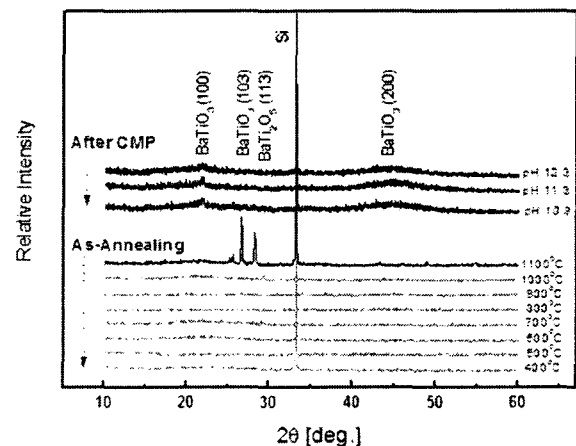


그림 1. CMP 공정 전후의 BTO 박막의 XRD 분석.

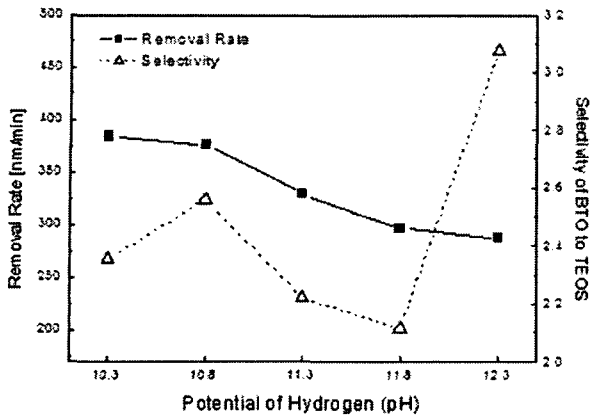
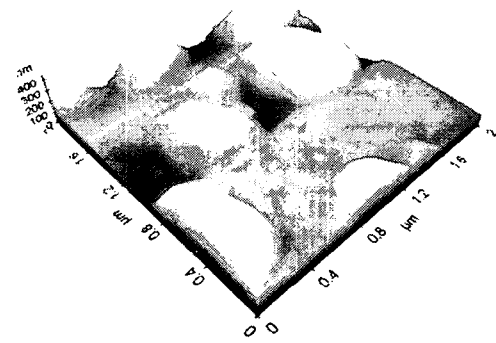
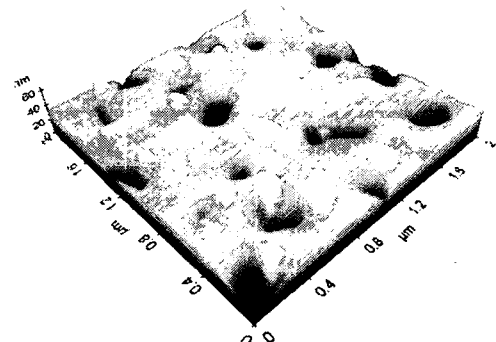


그림 2. 슬러리 pH에 따른 BTO 박막의 연마율 및 선택비.

그림 1은 RF 스퍼터링에 의해 증착된 BTO 박막의 열처리 온도에 따른 XRD 분석 결과를 보인 것이다. 400°C 부터 1100°C까지 100°C 간격으로 온도를 증가시키며 열처리하였으나, 1100°C 조건에서만 BTO와 관련한 피크가 검출되었다. 따라서 CMP를 위한 BTO 박막은 1100°C 열처리한 시료를 사용하였다. CMP 공정 후의 XRD 분석 결과, pH 10.3, 11.3 및 12.3 조건 모두에서 $2\theta=28.3^\circ$ 부근과 $2\theta=44.58^\circ$ 부근에서 BTO와 관련한 피크가 검출되었다. 즉, CMP 공정이 박막 특성에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 한편 CMP 공정 후의 유전상수(dielectric constant) 값도 연마된 두께를 다시 보정해 주면 큰 차이가 없었다. 그림 2는 3종류의 실리카슬러리에 따른 BTO 박막의 연마율과 TEOS 막에 대한 선택비를 조사하여, 선택비가 가장 우수한 실리카 슬러리(#2)에 대해서 pH 변화에 따른 BTO 박막의 연마율 및 TEOS 막에 대한 선택비를 나타낸 것이다. TEOS 막을 BTO 박막의 수직 형상의 패터닝을 위한 패턴 마스크 및 연마정지점(EPD) 측정을 목적으로 사용하려면 BTO 박막과의 충분한 선택비가 확보되어야 한다. 그림에서 pH가 증가한다는 것은 슬러리 내에서 OH⁻ 농도가 감소함을 의미한다[4]. 즉, 이렇게 감소된 OH⁻ 그룹은 TEOS 산화막으로 침투하여 표면을 연화시키는 역할이 줄어들음을 의미한다. 그림과 같이 BTO 박막 보다는 TEOS 막이 pH 조절에 대해서 연마율이 민감하게 반응하여 pH 12.3에서 3.0 이상의 선택비를 확보할 수 있었다. BTO 박막의 연마율 측면에서는 모든 조건에서 300nm/min의 비교적 우수한 연마율을 보여주었다. 이는 플라즈마 식각에 비해서 우수한 결과로 판단된다. 그림 3은 CMP 공정 전후의 BTO 박막의 2 $\mu\text{m}\times 2\mu\text{m}$ 영역에서 표면 형상을 AFM 3차원 그림으로 나타낸 것이다. CMP 공정 전의 스퍼터링 증착 후 1100°C 열처리한 시료의 경우(a)에는 커다란 구체 형상이 불규칙적으로 관찰되었으며, RMS 표면 거칠기는 75.248nm 정도로 상당히 높았다. 반면에 30초 동안, pH 11.3의 표준 실리카 슬러리로 CMP 수행한 경우(b)는 RMS 표면 거칠기가 6.653nm 정도로 현저하게 개선되었음을 알 수 있다. 이러한 표면거칠기의 개선 효과는 다중구조 공정에 있어서 후속 공정에 유리할 것으로 사료된다.



(a)



(b)

그림 3. CMP 공정 전후의 BTO 박막의 AFM 3차원 이미지; (a) 1100°C 열처리 시료, (b) pH 11.3에서 연마한 시료.

4. 결론

본 연구에서는 높은 유전율을 갖는 BTO와 같은 물질의 패터닝에 있어서, CMP 공정의 적용 가능성에 대해서 연구하였다. BTO 박막의 높은 연마율과 TEOS 막과의 우수한 선택비, CMP 공정에 따른 박막의 특성에 변화가 없다는 점 등을 고려하였을 때 CMP 공정을 고유전율 박막의 패턴 공정에 적용 가능할 것으로 사료되며, 후속 연구를 통해서 개선이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] P. Vitanov, A. Harizanova, T. Ivanova, D. Velkov, Z. Raytcheva, Vacuum, Vol. 69, Iss. 1-3, p. 371, 2003.
- [2] Y. Igarashi, K. Tani, M. Kasai, K. Ashikaga, T. Ito, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, No.4, p. 2083, 2000.
- [3] Yong-Jin Seo and Woo-Sun Lee, Microelectronic Engineering, Vol. 75, Iss. 2, p. 149, 2004.
- [4] M. R. Oliver, Chemical-Mechanical Planarization of Semiconductor Materials, 2004.