

BaTiO₃ 및 TiO₂ 연마제 첨가를 통한 BTO박막의 CMP

서용진*, 고필주**, 김남훈***, 이우선**

대불대학교 전기공학과*, 조선대학교 전기공학과**, 조선대학교 전기공학과 에너지자원신기술연구소**

CMP of BTO Thin Films using TiO₂ and BaTiO₃ Mixed Abrasive slurry

Yong-Jin Seo*, Pil-Ju Ko**, Nam-Hoon Kim*** and Woo-Sun Lee**

Daebul Univ*, ChoSun Univ**, Research Institute of ERT, ChoSun Univ***

Abstract : BTO (BaTiO₃) thin film is one of the high dielectric materials for high-density dynamic random access memories (DRAMs) due to its relatively high dielectric constant. It is generally known that BTO film is difficult to be etched by plasma etching, but high etch rate with good selectivity to pattern mask was required. The problem of sidewall angle also still remained to be solved in plasma etching of BTO thin film. In this study, we first examined the patterning possibility of BTO film by chemical mechanical polishing (CMP) process instead of plasma etching. The sputtered BTO film on TEOS film as a stopper layer was polished by CMP process with the self-developed BaTiO₃- and TiO₂-mixed abrasives slurries (MAS), respectively. The removal rate of BTO thin film using the BaTiO₃-mixed abrasive slurry (BaTiO₃-MAS) was higher than that using the TiO₂-mixed abrasive slurry (TiO₂-MAS) in the same concentrations. The maximum removal rate of BTO thin film was 848 nm/min with an addition of BaTiO₃ abrasive at the concentration of 3 wt%. The sufficient within-wafer non-uniformity (WIWNU%) below 5% was obtained in each abrasive at all concentrations. The surface morphology of polished BTO thin film was investigated by atomic force microscopy (AFM).

Key Words : BaTiO₃, CMP, TEOS

1. 서 론

최근에 우수한 유전특성을 갖는 강유전체 막들이 DRAM (dynamic random access memory)에 응용되고 있다. 높은 유전상수(high-k)를 갖는 물질 중 하나인 BTO가 낮은 유전율을 갖는 기존의 물질과 대체되어 0.1 μ m 이하의 고집적 DRAM 공정에 사용되어 우수한 특성을 나타내고 있다. [1-2] CMP (chemical mechanical polishing) 공정은 반도체 제조공정에서 초고집적회로(ULSI)의 다층 배선 기술에 있어서 폭넓게 응용되고 있다.[3-4] 본 논문에서는 고밀도 DRAM 적용을 위한 BTO 막의 효과적인 연마 성능을 얻기 위하여 TiO₂ 연마제가 혼합된 슬러리 (TiO₂-MAS)와 BaTiO₃가 혼합된 슬러리 (BaTiO₃-MAS)를 자체 제조하여 CMP 연마 특성을 평가하여 보았다. 앞으로 BTO-CMP 공정은 기존의 다마스켄 (damascene) 공정 동안 플라즈마 에칭에서 발생하는 결점 (poor sidewall, low etch rate, plasma damage)들을 보완할 수 새로운 CMP 공정기법으로 사용이 기대된다.[5]

2. 실험

본 실험에서는 4-inch SiO₂/Si 웨이퍼 위에 BTO 박막을 스퍼터 증착시켰다. BTO 타겟의 제조는 분말상태인 BaCO₃와 TiO₂를 1:1로 DIW와 함께 혼합하여 지르코니아 볼로 ball-milling을 12시간, 120 $^{\circ}$ C에서 36시간 건조하였다. 건조한 파우더를 58.44mm의 몰에 넣고 6ton으로 성형하여 전기로에서 900 $^{\circ}$ C에서 6시간 1200 $^{\circ}$ C에서 4시간 열처리 하였다. 패턴공정에서의 선택비를 연구하기 위해 PECVD 공정에 의해 TEOS (tetra-ethyl ortho-silicate)를

1900 nm 증착하였다. BTO 스퍼터 증착은 웨이퍼 회전속도는 15rpm, 기판온도는 26 $^{\circ}$ C, RF power는 60W, 진공은 3.6 $\times 10^{-2}$ Torr로 700 nm 증착하였다. 본 연구에서는 11.5 ~12.5%의 solid contents를 갖는 KOH-based fumed silica 슬러리를 사용하였다. 연마제의 평균 입경은 160~180 nm이었다. pH는 ACS standard buffer solution을 이용하여 10.3에서 12.3 까지 조절해 주었다. 본 실험에서 BTO-CMP를 위해 사용된 TiO₂-MAS와 BaTiO₃-MAS의 조성을 표 1에 요약하였다. 모든 연마 공정은 표 1에 보인 공정 조건을 사용하여 G&P Technology사의 POLI-380 장비로 진행하였다. 두께는 J.A. Woollam사의 M-2000V 엘립소미터를 사용하였으며, CMP 전과 후의 표면 형상을 알아보기 위해 AFM (PSIA, XE-100)을 측정하였다.

표 1. CMP 공정조건 및 슬러리 조성

CMP Parameter	CMP Conditions
Wafer	Blanket wafer
Pad	IC1300™/SubaIV™
Abrasives and contents	TiO ₂ -MAS
	TiO ₂ : #1(1wt%), #2(2wt%), #3(3wt%)
	BaTiO ₃ -MAS
	BaTiO ₃ : #4(1wt%), #5(2wt%), #6(3wt%)
Slurry flow rate	90 ml/min
Head speed	50 rpm
Table speed	50 rpm
Polishing time	30 sec

3. 결과 및 검토

그림 1은 표 1에 보인 MAS에서 연마제의 첨가량에 따른 BTO 막의 연마율과 비균일도를 비교한 것이다. 연마제가 첨가되지 않은 native silica slurry의 연마율은 620 nm/min 이었다. 두 연마제의 첨가량이 증가함에 따라 연마율도 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 연마제의 첨가량 조절이 민감하므로 BTO-CMP 동안 연마제의 역할이 매우 중요함을 의미하는 것이다. 연마율 측면에서 볼 때 3wt%의 BaTiO₃-MAS의 조건에서 가장 높은 848 nm/min의 연마율을 나타내었다. 또한 비균일도 값도 모두 5% 이내에 들어 두 슬러리 모두 BTO-CMP 공정을 위한 충분조건을 만족하고 있음을 알 수 있다.

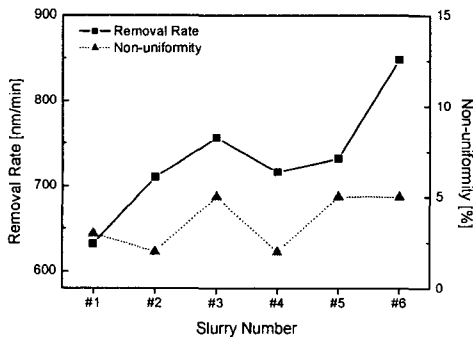


그림 1. 표 1에 보인 두 연마제의 첨가량에 따른 연마율과 비균일도 비교 곡선.

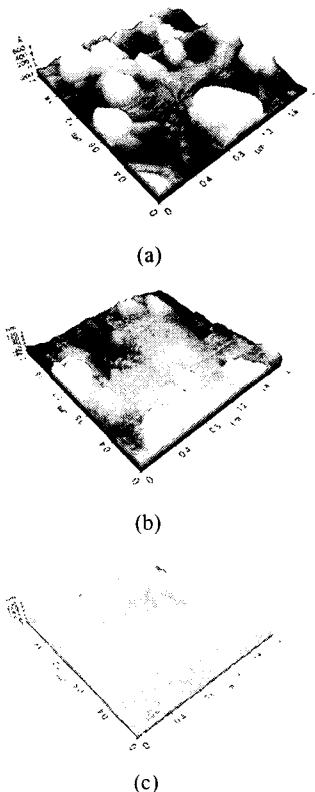


그림 2 AFM 표면 분석. (a) CMP 전 (b) #3(TiO₂ 3wt%). (c) #6(BaTiO₃ 3wt%).

그림 2는 CMP 공정 전과 후의 BTO 막의 surface morphology를 비교한 AFM 결과이다. CMP 공정 전에는 매우 큰 구형의 그레인 들이 불규칙하게 나타나고 있었으며 RMS 표면 거칠기는 75 nm로 측정되었다. 그러나, 본 연구에서 자체 제작한 MAS를 사용한 CMP 공정 후에 표면 특성이 현저히 향상되었음을 볼 수 있다. 특히, 3wt%의 BaTiO₃-MAS를 사용한 경우에 RMS는 26 nm로 줄어 들어 가장 우수한 표면 품질을 보여 주었다.

4. 결론

본 논문에서는 CMP 기법을 이용한 다마신 공정을 고밀도 DRAM에 적용하고 있는 고유전율 재료의 패터닝에 사용 가능한지를 조사하였다. BTO-CMP를 수행하기 위하여 TiO₂-MAS와 BaTiO₃-MAS를 자체 제조하였다. 실험결과 3 wt%의 BaTiO₃를 첨가한 MAS 조건에서 5% 이하의 비균일도와 848 nm/min의 가장 우수한 연마율 특성을 나타내었다. 또한 RMS 표면 거칠기는 76 nm에서 26 nm로 현저히 개선되어 CMP 공정을 고유전율 고밀도 DRAM의 다층배선 공정에 충분히 적용 가능함을 확인하였다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] Yong-Jin Seo and Woo-Sun Lee, "Chemical mechanical polishing of Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃ film prepared by sol-gel method", Microelectronic Engineering, Vol. 75, Issue 2, p. 149, 2004.
- [2] P. Vitanov, A. Harizanova, T. Ivannova, D. Velkov, Zdr. Raytcheva, "Deposition, structure evolution and dielectric properties of BaTiO₃ and Ba_xSr_{1-x}TiO₃ thin films prepared by the sol-gel method. ", Vacuum, vol 69, issues 1-3, pp 371-377, December, 2002.
- [3] 이우선, 고필주, 김남훈, 서용진, "산화제 첨가에 따른 WO₃ 박막의 CMP 평탄화 특성", 전기전자재료학회 논문지, 18권, 1호, p. 12, 2005
- [4] Y. Igarashi, K. Tani, M. Kasai, K. Ashikaga, "Submicron Ferroelectric Capacitors Fabricated by Chemical Mechanical Polishing for High-Density Ferroelectric Memories", T. Tto, Jpn. J. Appl. phys. 39, p 1083, 2000.