

고유전율막의 CMP 특성

박성우, 서용진, 이우선*
 대불대학교, 조선대학교*

Chemical Mechanical Polishing Characteristics of High-k Thin Film

Sung-Woo Park, Yong-Jin Seo, and Woo-Sun Lee*
 Daebul Univ., ChoSun Univ.*

Abstract : In this paper, we first applied the chemical mechanical polishing (CMP) process to the planarization of ferroelectric film in order to obtain a good planarity of electrode/ferroelectric film interface. BST ($Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$), PZT ($Pb_{1.1}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$) and BTO ($BaTiO_3$) ferroelectric film are fabricated by the sol-gel method. And then, we compared the structural characteristics before and after CMP process of BST, PZT, BTO films. Their dependence on slurry composition was also investigated. We expect that our results will be useful promise of global planarization for ferroelectric random access memories (FRAM) application in the near future.

Key Words : Chemical mechanical polishing (CMP), $Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$ (BST), $Pb_{1.1}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ PZT, $BaTiO_3$ (BTO), Removal rate (RR); Within-wafer non-uniformity (WIWNU%)

1. 서 론

최근 정보화 사회로의 변화 추세에 따라 소형화 및 저 전력화가 가능하고 저장된 정보가 휘발되지 않는 박막형 강유전체 메모리 소자에 대한 관심이 집중되고 있는 가운데 고유전율 및 불휘발성을 갖는 강유전체 기억소자인 FRAM (ferro-electric random access memory)과 DRAM (dynamic random access memory) 개발이 반도체 산업의 기술력을 확보하는 차원에서 활발한 연구가 진행되고 있다[1, 2]. CMP 연구는 DRAM 이나 logic 제품의 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해 ILD와 IMD층, 금속막 등에 집중되어 왔지만, CMP[3-5] 공정을 FRAM 적용을 위한 강유전체 막에 직접 적용 한 경우는 거의 없다.

본 논문에서는 강유전체 박막에 있어서 문제시되고 있는 계면 특성을 개선하기 위하여 정확한 화학적 조성 조절이 가능하며 대면적의 박막을 제조할 수 있는 장점을 갖는 졸겔(sol-gel) 법으로 성장된 BST ($Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$), PZT ($Pb_{1.1}(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$), BTO ($BaTiO_3$) 박막을 표면 특성 개선을 위해 CMP 공정을 시도하여 연마특성을 고찰하였다. 또한, AFM (atomic force microscope)을 사용하여 표면의 형상을 관찰하였고, RMS (root mean square), 표면 거칠기, 스캐닝 프로파일(scanning profile) 등을 비교하였다. 그리고 CMP 전후의 표면특성 및 X-ray 회절분석에 따른 상의 변화를 평가하여 차세대 FRAM 제조에 CMP 공정의 적용 가능성 및 향상된 연마 특성에 관하여 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서는 Si 기판 위에 졸겔법을 이용하여 강유체 박막을 형성하였다. CMP 장비는 G&P Technology의 POLI-380을 사용하였고, 연마패드는 Rodel사의 IC-1300과 Suba IV 패드를 PSA-II로 접착시킨 이중 패드를 사용하였다. CMP 공정을 위한 테이블 속도(table speed), 헤드 속도(head speed), 슬러리 유속(slurry flow rate), 하압(down force)은 각각 50 rpm, 50 rpm, 90 ml/min, 및 300 gf/cm²으로 고정하여 사용하였다. 연마는 30초 동안 동일하게 진행하였으며, 연마 전에 패드의 초기화를 위한 컨디셔닝은 2 kg/cm²의 압력으로 60 초 동안 진행하였다. 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. CMP 전후의 표면 형상 및 단차 프로파일(profile)을 평가하기 위해 AFM (PSIA, XE-100)을 사용하였고, 서로 다른 슬러리 연마제 및 pH의 변화에 따른 PZT 박막의 CMP 전과 후의 X-ray 회절(XRD; Philips, X'pert-PRO-MRD, Cu K α =0.15405 nm, 40kV, 30mA) 패턴을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 BST 박막의 CMP 특성

표 1은 슬러리 연마제의 종류에 따른 CMP 후 연마율과 비균일도 특성을 나타낸 것이다. 실리카 계열의 슬러리 A는 345 nm/min의 연마율과 2.2 %의 비균일도 특성을 나타낸 반면, 슬러리 B는 369 nm/min의 연마율과 1.4 %의 매우 낮은 비균일도 특성을 나타내었다. 그러나 알루미늄

계열의 슬러리 C의 경우에는 연마율은 397 nm/min로 상당히 증가하였으나, 비균일도는 다소 증가하였다. 또한, 실리카 슬러리에 티타니아(TiO₂)를 1 wt% 섞은 MAS (mixed abrasive slurry)로 320 nm/min의 낮은 연마율을 보였지만 비균일도는 매우 우수한 특성을 나타내었다.

표 1 슬러리 종류에 따른 연마제거율과 비균일도 비교.

슬러리	연 마 입 자	경도	연마제거율 (nm/min)	비균일도 (%)
A	SiO ₂	6~7	345	2.2
B	SiO ₂	6~7	369	1.4
C	Al ₂ O ₃	8~9	397	1.7
D	TiO ₂	5.5~6.5	320	1.5

3.2 PZT 박막의 CMP 특성

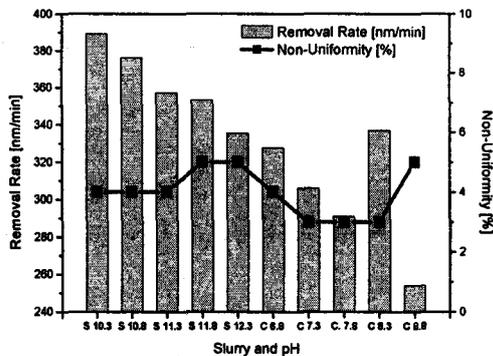


그림 1. 서로 다른 슬러리와 pH 변화에 따른 연마율과 비균일도 비교.

그림 1은 서로 다른 연마제를 갖는 슬러리 및 pH 변화에 따른 PZT 박막의 CMP 후에 얻은 연마율과 비균일도 특성을 비교한 것이다. 실온에서 연마율은 250 nm/min에서 390 nm/min까지 변화하였고, 비균일도는 3%와 5% 사이의 비교적 안정한 값을 나타내었다. 실리카 슬러리의 경우 pH가 증가함에 따라 연마율은 선형감소를 하였으나, 세리아 슬러리의 경우에는 pH=8.3에서 가장 높은 연마율을 보였고, pH=8.9에서 가장 낮은 연마율을 나타내었다. 세리아 연마제보다 더 단단한 경도를 갖는 실리카 슬러리는 높은 연마율을 나타낸 반면에, 세리아 슬러리는 비교적 낮은 연마율 및 비균일도를 나타내었는데, 이는 PZT 막의 CMP 특성이 슬러리 연마제의 종류 및 pH 변화에 의존함을 의미하는 것이다.

3.3 BTO 박막의 CMP 특성

그림 2는 BTO 박막과 TEOS 박막의 연마특성을 보인 것이다. 슬러리#2와 #3의 경우 600 nm/min 이상의 연마율을 확보하여 종래의 플라즈마 식각술과 비교하여 훨씬 더 우수한 특성을 나타내었다. 또한 슬러리 #2가 가장 높은 연마 선택비를 나타내었다.

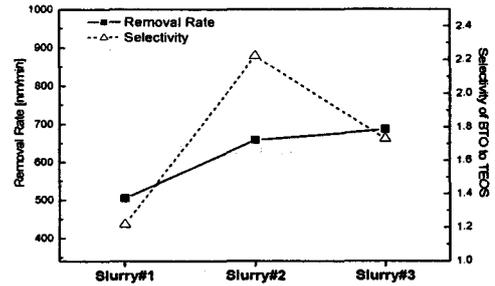


그림 2. BTO 박막과 TEOS 박막의 연마율과 선택비

4. 결 론

슬러리 종류에 따라 BST 박막의 CMP 특성을 알아본 결과, 연마입자의 경도가 높을수록 연마율이 증가함을 알 수 있었다. 비균일도는 1.4 ~ 2.2%로 아주 우수한 특성을 나타내었고, 실리카와 세리아 연마제 슬러리를 가지고 PZT 막을 CMP 한 결과 연마율, 비균일도 및 표면 거칠기는 슬러리 연마제의 종류 및 경도에 의존하며 특히 표면 거칠기와 평탄도는 pH 값에 더 의존함을 알 수 있었다. BTO막은 플라즈마 식각과 비교하여 볼 때 CMP 공정을 통해 충분한 연마율 및 연마 선택비를 얻을 수 있어 TEOS 막을 패턴 마스크 및 연마종말점 감지를 위한 stopper로도 사용될 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국 과학재단 특정 기초연구 (R01-2006-999-11275-0) 지원으로 수행되었음

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] I. Kim, K. Murella, and J. Schlueter, "A detailed look at oxide CMP pad-to-pad consistency", Proceedings of the 2nd International CMP-MIC Conference, p. 335, 1997.
- [4] Yong-Jin Seo, Sang-Yong Kim, Yeon-Ok Choi, Yong-Taek Oh and Woo-Sun Lee, "Effects of slurry filter size on the chemical mechanical polishing (CMP) defect density", Materials Letters, Vol. 58, Issue 15, p. 2091, 2004.
- [5] Yong-Jin Seo and Sang-Yong Kim, "Effects of Various Facility Factors on Chemical Mechanical Polishing Process defects", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.41, No.11A, pp.6310-6312, 2002.11.