

강유전체막의 CMP 특성

박성우¹, 김남훈², 이우선³, 서용진¹

대불대학교 전기전자공학과¹, 조선대학교 에너지 자원 신기술 연구소², 조선대학교 전기공학과³

Chemical Mechanical Polishing (CMP) Characteristics of Ferroelectric BST Thin Film

Sung-Woo Park¹, Nam-Hoom Kim², Woo-Sun Lee³, and Yong-Jin Seo¹
Daebul University ¹, Chosun University ^{2,3}

Abstract

In this work, we applied the chemical mechanical polishing (CMP) process to the planarization of ferroelectric film. We compared the structural characteristics of BST ($Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$) films before and after the CMP process. Their dependence on slurry composition was also investigated. Finally, we suggest the self-developed titania (TiO_2) mixed abrasive slurry (MAS) for FRAM applications. Our experimental results on the ferroelectric film are encouraging for the next generation of FRAM applications.

Key Words : Chemical Mechanical Polishing (CMP), ferroelectrics, mixed abrasive slurry (MAS)

1. 서 론

CMP[1-3] 연구는 DRAM 이나 logic 제품의 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해 ILD와 IMD 층, 금속막 등에 집중되어 왔지만, CMP 공정을 FRAM 적용을 위해 강유전체 막에 직접 적용한 경우는 거의 없다. 종래의 보고에 의하면 BST 강유전체 박막의 전기적 특성은 박막의 불균일성으로 인해 유전손실의 기복이 발생하거나, 결정립계 (grain boundary)를 통한 전기전도가 일어나 누설 전류가 증가하는 등의 문제점은 주로 BST 표면에 결정립이 불규칙으로 성장되어 표면의 거칠기가 심하고, 표면에 기공이 발생하는 등 구조적 영향으로 인한 계면 특성의 차이에 기인한 것으로 알려져 있다 [4-6]. 따라서 강유전체 박막의 계면 특성을 개선하기 위하여 졸겔 코팅된 $Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$ 박막을 상업용 슬러리를 이용하여 CMP 공정에 적용함으로써 그 가능성을 발표한 바 있다 [7]. 그 후속공정으로, 본 연구에서는 열처리 전후의 티타니아 (TiO_2) 연마제를 혼합한 MAS (mixed abrasive

slurry)를 사용하여 연마제거율 및 비균일도와 같은 대표적인 CMP 특성을 고찰하였다. 또한, AFM (atomic force microscope)을 사용하여 표면의 형상 및 RMS (root mean square) 표면 거칠기 등을 비교 고찰하여 보았다.

2. 실험

표 1. CMP 장비의 공정 변수.

Table speed	Head speed	Down force	Slurry flowrate	Polishing time
60 [rpm]	60 [rpm]	4.2 [psi]	90 [ml/min]	40 [sec]

본 실험에서는 Si 기판 위에 졸겔법을 이용하여 BST 박막을 4000 Å 형성하였다. 본 연구의 초점인 BST 강유전체막의 CMP 공정 후의 표면 특성을 관찰하기 위해 표 1에 보인 공정 조건에서 CMP가 수행되었다. CMP 장비는 G & P Technology의 POLI-380을 사용하였고, 강유전체막의 CMP 가능성을 알아보기 위해 서로 다른 슬러리 연마제 (실

리카, 알루미늄, 티타니아)를 갖는 상업용 슬러리를 가지고 1차적으로 CMP 공정을 수행하였다 [7]. 그리고 나서, 가장 우수한 특성을 나타내었던 실리카 슬러리에 열처리 전과 후의 티타니아 연마제를 적정량 첨가하여 MAS를 제조하였다. 연마패드는 Rodel사의 IC-1300과 Suba IV 패드를 접착시킨 이중 패드를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

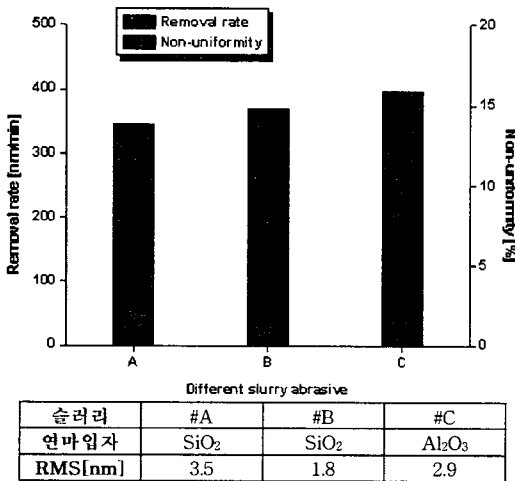


그림 1. 슬러리 종류에 따른 CMP 특성 비교[7].

그림 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. A와 B의 경우 모두 동일한 연마제와 동일한 경도 (hardness) 특성을 갖고 있지만, 아마도 각 회사에 따른 미세한 슬러리 케미컬의 차이로 인해 예상대로 약간 다른 연마 특성을 나타내었다. 그러나 알루미늄 계열의 슬러리 C의 경우에는 연마율은 397 nm/min의 상당히 증가 하였으나, 비균일도는 다소 증가하였다. 이는 실리카 보다 더 단단한 (hard) 경도를 갖는 알루미늄 연마제로 인해 기계적인 연마력 (mechanical abrasion)이 더 증가하였기 때문일 것이다. 한편, 그림 1의 표에 보인 바와 같이 각 슬러리의 RMS 값은 각각 3.5 nm, 1.8 nm, 2.9 nm로 양호하였다.

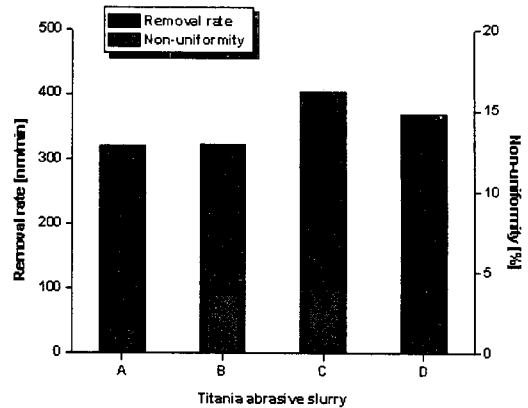
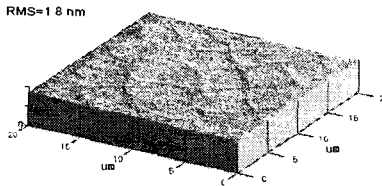
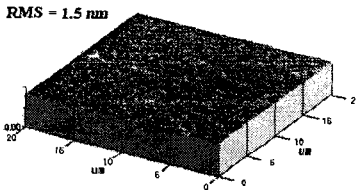


그림 2. 티타니아 연마제의 함량에 따른 연마율과 비균일도 비교

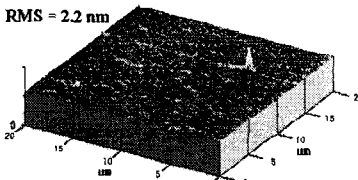
그림 2는 실리카 슬러리에 첨가된 티타니아 연마제의 함량에 따른 연마율과 비균일도를 비교한 것이다. #A는 실리카 슬러리에 티타니아(TiO₂)를 1 wt% 섞은 MAS (mixed abrasive slurry)로 320 nm/min의 연마율과 1.5%의 비균일도 특성을 나타내었다. 이는 앞에서 예측한 것처럼 티타니아 (TiO₂)의 경도가 5.5~6.5로 실리카와 알루미늄 연마제보다 더 낮기 (soft) 때문에 연마율은 다소 떨어지지만, 슬러리 케미컬에 의해 표면을 연화시킨 후, 연마되어야 할 (BaSr)/TiO₃ 막과 동일한 성분 이면서 경도가 더 낮은 티타니아(TiO₂) 연마제 첨가에 의해 기계적으로 연마하는 과정에서 비균일도 특성을 향상시킨 것으로 생각된다. #B, #C, #D는 티타니아 연마제의 기계적 강도를 향상시키기 위해 전기로에서 열처리한 후 다시 분쇄시킨 티타니아 연마제를 각각 실리카 슬러리에 1 wt%, 2 wt%, 3 wt%를 첨가하여 CMP 공정 후의 연마율과 비균일도를 측정된 것이다. #A와 비교하여 볼 때, 연마율은 50~80 nm 이상 개선되었으며, 비균일도 특성에서는 5%의 이하의 안정된 경향을 나타내었다.



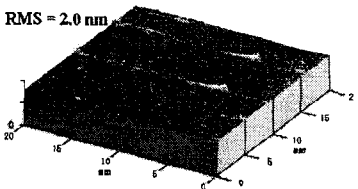
(a) 상업용 실리카 슬러리



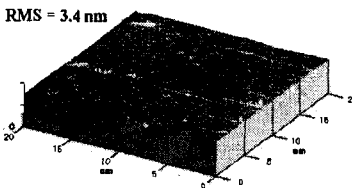
(b) TiO₂ 연마제를 1 wt% 첨가한 실리카 슬러리



(c) 열처리한 TiO₂ 연마제를 1 wt% 첨가한 실리카 슬러리



(d) 열처리한 TiO₂ 연마제를 2 wt% 첨가한 실리카 슬러리



(e) 열처리한 TiO₂ 연마제를 3 wt% 첨가한 실리카 슬러리

그림 3. 티타니아가 첨가된 MAS를 사용하여 BST 박막을 CMP한 후 AFM 사진.

그림 3은 티타니아가 각기 다른 함량으로 첨가된 MAS를 이용하여 BST 박막을 CMP한 후 AFM 사진을 분석한 것이다. 그림 1의 (a)에 보인 상용화된 실리카 슬러리를 사용한 경우의 AFM 사진[7]과 비교해 보면 훨씬 우수한 표면현상을 나타내고 있으며 단차 또한 현저하게 감소하였으며, 표면 품질이 개선되었음을 볼 수 있다. 따라서 티타니아 슬러리를 강유전체막의 CMP 공정에 적용하기 위한 새로운 가능성을 확인하였다.

4. 결론

실리카 슬러리에 티타니아 (TiO₂)를 1 wt% 섞은 MAS (mixed abrasive slurry)로 CMP 공정 결과는 티타니아 (TiO₂)의 경도가 5.5~6.5로 실리카와 알루미늄 연마제보다 더 낮기 (soft) 때문에 연마율은 다소 떨어지지만, 슬러리 케미컬에 의해 표면을 연화시킨 후, 연마되어져야 할 (BaSr)TiO₃ 막과 동일한 성분인면서 경도가 더 낮은 티타니아 (TiO₂) 연마제 첨가에 의해 기계적으로 연마하는 과정에서 비균일도 특성은 향상되었다. 또한, 티타니아 분말 연마제의 기계적 강도를 향상시키기 위해 열처리한 티타니아 연마제를 각각 실리카 슬러리에 1 wt%, 2 wt%, 3 wt%를 첨가하여 CMP 공정의 연마율과 비균일도를 측정된 결과 연마율은 50~80 nm 이상 개선되었으며, 비균일도 특성에서는 5%의 이하의 안정된 경향을 나타내었다.

감사의글

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

참고 문헌

- [1] J. M. steigerwald, S. P. Murarka, R. J. Gutmann, "Chemical Mechanical Planarization of Microelectronic Materials", John Wiley.
- [2] S. Y. Kim and Y. J. Seo, "Correlation analysis between pattern and non-pattern wafer for characterization of shallow trench isolation-chemical mechanical polishing process", Microelectron. Eng., Vol. 60, Issue 3-4, pp. 357-364, 2002.
- [3] W. S. Lee, S. Y. Kim, Y. J. Seo and J. K.

- Lee, "An Optimization of Tungsten Plug Chemical Mechanical Polishing using Different Consumables", Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Vol. 12, No. 1, pp. 63-68, 2001.
- [4] Y. Igarashi, K. Tani, M. Kasai, K. Ashikaga, and T. Ito, "Submicron Ferroelectric Capacitors Fabricated by Chemical Mechanical Polishing Process for High-Density Ferroelectric Memories," Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39, No. 4B, pp. 2083-2086, 2000.
- [5] T. Atsuki et al, "Preparation of Bi-Based Ferroelectric Thin Films by Sol-Gel Method," Japanese Journal of Applied Physics", Vol. 34, No. 9B, pp. 5096-5099, 1995.
- [6] F. wang, et al, "Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ Ferroelectric Film Prepared with the Sol-Gel Process and its Dielectric Performance in Planar Capacitor Structure", J. Mater. Res. Vol. 13, No. 5, p. 1243, 1998.
- [7] Yong-Jin Seo, Sung-Woo Park, "Chemical Mechanical Planarization Characteristics of Ferroelectric Film for FRAM Applications" Journal of the Korean Physical, Vol. 45, No.3, pp. 769-772, 2004.