

실리카 슬러리의 온도 변화에 따른 산화막의 CMP 특성

고필주, 박성우*, 김남훈**, 장의구***, 서용진*, 이우선

조선대 전기공학과, 대불대 전기전자공학과*, 조선대 에너지자원신기술연구소**, 중앙대 전자전기공학부***

Characteristic of Oxide CMP with the Various Temperatures of Silica Slurry

Pil-Ju Ko, Sung-Woo Park*, Nam-Hoon Kim**, Yong-Jin Seo*, Eui-Goo Chang*** and Woo-Sun Lee

Chosun Univ., Daebul Univ.*, Chosun Univ. RIERT**, Chung-Ang Univ.***

Abstract

Chemical mechanical polishing (CMP) process has been widely used to planarize dielectric layers, which can be applied to the integrated circuits for sub-micron technology. Despite the increased use of CMP process, it is difficult to accomplish the global planarization of in the defect-free inter-level dielectrics (ILD). In this paper, we have investigated slurry properties and CMP performance of silicon dioxide (oxide) as a function of different temperature of slurry. Thermal effects on the silica slurry properties such as pH, particle size, conductivity and zeta potential were studied. Moreover, the relationship between the removal rate (RR) with WIWNU and slurry properties caused by changes of temperature were investigated. Therefore, the understanding of these temperature effects provides a foundation to optimize an oxide CMP process for ULSI multi-level interconnection technology.

Key Words : CMP (chemical mechanical polishing), silica slurry, oxide, polishing temperature

1. 서 론

CMP(chemical mechanical polishing) 공정은 deep 서브마이크론 집적회로의 다층배선구조를 실현하기 위해 IMD, ILD, PMD 층과 같은 절연막 외에도 W, Al, Cu와 같은 금속층을 평탄화[1, 2] 하는데 사용되고 있다. 또한 다양한 소자 제작 및 새로운 물질 등에도 광범위하게 응용되고 있다.[3] CMP는 높은 제거속도를 가지면서 안정도와 균일도를 얻기 위하여 패드 및 슬러리의 선택뿐만 아니라 캐리어 암과 연마 판의 속도, 연마판의 온도, 연마하는 동안의 압력, 그리고 패드 컨디셔닝 하는 방법 등과 같은 공정 조건들을 고려하여야 한다. [4] 특히 CMP 공정 소모재중에 슬러리 선택과 슬러리 특성은 광역평탄화 특성에 있어서 제거속도와 균일도에 중요한 역할을 한다. 슬러리 특성중에

슬러리의 조성이나 pH 및 연마재 파티클의 크기와 강도, 점도 및 연마재의 분산 안정성 등이 재료의 제거 과정에 영향을 미치는 주요 변수들이다. 연마온도는 재료의 연마 공정에 있어서 중요한 요소이다. 연마온도 제어는 연마패드와 슬러리의 온도를 동시에 조절하는 방법과 슬러리의 온도만을 조절하는 방법이 있다. 본 논문에서는 슬러리의 온도를 조절하여 CMP 성능을 알아보고자 한다. 일반적으로 연마 공정에서 재료의 제거는 온도에 상당히 영향을 받는 것으로 알려져 있으나, 실제적인 연구와 보고는 극히 미미한 상태이다. 본 논문에서는 온도 변화에 따른 실리카 슬러리의 전기화학적 변화와 산화막의 광역평탄화 특성을 연구하고자 한다.[5, 6]

2. 실험

표 1. CMP장비의 공정조건.

Table speed	60 [rpm]
Head speed	60 [rpm]
Down Force	300 [g/cm]
Polishing time	60 [sec]
Slurry flow rate	90 [ml/min]

본 실험에서는 슬러리의 온도변화에 따른 연마율과 비균일도를 측정하기 위해 실험하였다. 본 실험에 사용된 슬러리는 실리카 슬러리를 10℃에서 90℃까지 10℃씩 슬러리 온도를 상승시켜서 실험을 하였다. 표 1은 CMP의 공정조건을 나타낸 것으로 테이블의 회전 속도는 60rpm, 헤드 속도는 60rpm, 헤드 압력은 300g/cm, 슬러리의 유속은 90ml/min으로 설정하여 60초동안 연마를 진행하였다. 그림 1은 G&P Technology 사의 POLI380 CMP 장비 사진이다. 연마패드는 Rodel사의 IC-1300과 Suba IV를 PSA II로 접착시킨 이중패드를 사용하였다. CMP 공정 후 웨이퍼 세정은 2분동안 NH₄OH :H₂O₂:H₂O 를 1:2:7의 비율로 제조된 SC-1 케미컬에서 2분간 1:10의 DHF 용액에서 1분간 및 마지막으로 초음파 세척기를 이용하여 5분 동안 클리닝하였다. 또한, 패드 컨디셔닝에 의한 영향을 막기 위해 컨디셔닝 압력을 2kg/cm²으로 고정하였고, 패드는 안정된 상태이어서 교체 없이 사용하였으며, 슬러리는 aging 현상을 방지하기 위하여 연마전에 교반기를 이용하여 충분히 교반시켜 주었다. 연마율을 계산할 때 측정에 따른 변수를 막기 위해 Ellipsometers를 이용하여 측정위치를 중앙에서 가장자리까지 9점의 동일한 지점들을 측정하였다.

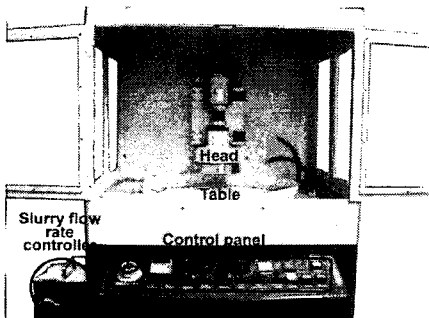
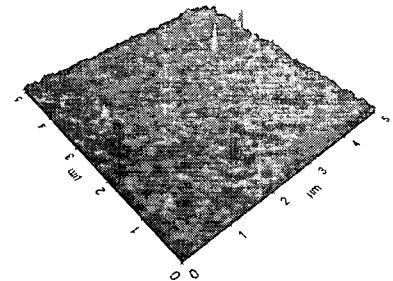
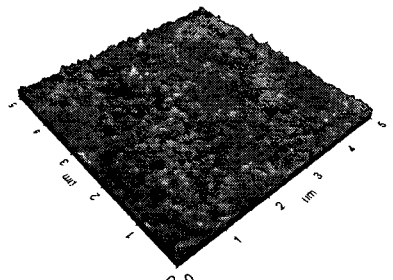


그림 1. G&P Technology POLI380 장비.

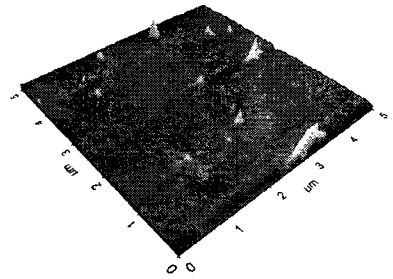
3. 결과 및 고찰



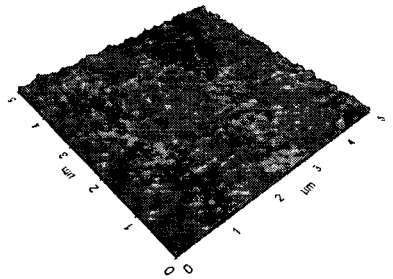
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 2. AFM 사진: (a) CMP 전 (b) 10℃ (c) 40℃ (d) 90℃.

그림 2는 산화막을 Silica 슬러리의 온도 변화에 따라 CMP를 하기 전과 후의 가로 5 μm 세로 5 μm 를 촬영한 AFM사진이다. 그림 2(a), (b), (c), (d)는 CMP전 사진과 슬러리 온도를 10 $^{\circ}\text{C}$, 40 $^{\circ}\text{C}$, 90 $^{\circ}\text{C}$ 로 변화시키며 CMP를 실시한 사진이다. 각각의 RMS 거칠기의 평균은 그림 2(a)는 5.5 \AA , (b)는 3.8 \AA , (c)는 15.6 \AA , 그림 (d)는 3.2 \AA 을 나타내었다. 평균 RMS 거칠기는 20 \AA 이하로 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

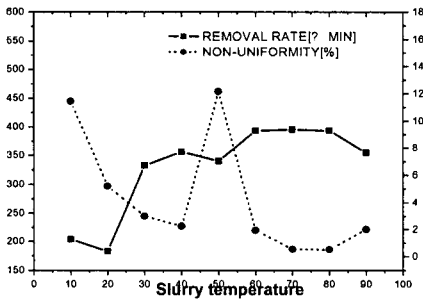
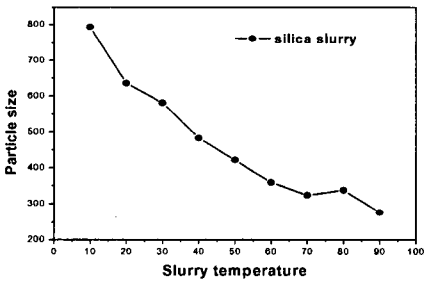
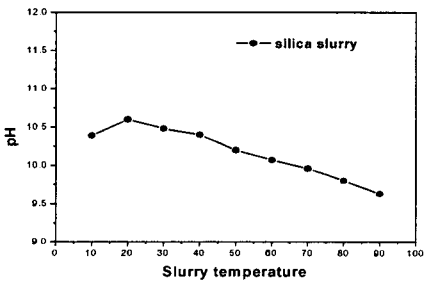


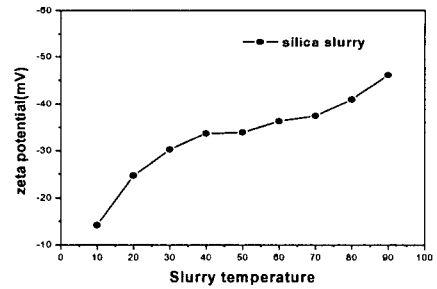
그림 3. 실리카 슬러리의 온도 변화에 따른 연마속도와 비균일도.



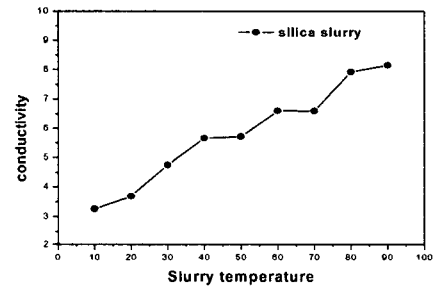
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4. 실리카 슬러리의 온도 특성; (a) 파티클 크기 (b) pH (c) 제타포텐셜 (d) conductivity.

그림 3은 동일한 실리카 슬러리를 사용하여 동일한 공정 조건에서 온도만을 변화시키며 연마속도 및 비균일도를 나타낸 그래프로 온도가 증가함에 따라 연마속도는 증가하는 것을 볼 수 있다. 슬러리의 온도가 연마율에 영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 비균일도는 10 $^{\circ}\text{C}$ 와 50 $^{\circ}\text{C}$ 를 제외하고는 5%미만으로 안정된 특성을 보였으나 10 $^{\circ}\text{C}$ 와 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 불안정한 특성을 보였다. 그림 4는 슬러리 온도변화에 따른 파티클 크기, pH, 제타 포텐셜, conductivity 특성 등을 나타낸 그래프이다. 그림 3(a)는 파티클 크기를 나타낸 그래프로 온도가 상승할수록 입자들이 작아지는 것을 알 수 있다. 일반적으로 파티클 크기는 연마 표면과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있는데, 일정 정도 작아진 파티클 크기의 영향으로 그림 2의 (c)와 같이 향상된 표면 특성을 확보할 수 있는 것으로 사료된다. 그림 (b)는 pH를 나타낸 그래프로 온도가 높아짐에

따라 pH가 낮아졌다. 일반적으로 pH가 상승함에 따라 연마속도는 증가한다[8]고 알려져 있지만, 그림 3에서 pH가 감소함에도 불구하고 연마속도가 상승하는 경향성을 보였다. 이는 pH외에 연마속도에 보다 큰 영향을 미치는 요소가 있음을 의미한다. 그림 (c)는 제타포텐셜을 나타낸 그래프로 온도가 증가함에 따라 분산이 활발해지는 것을 알 수 있다. 그림 (d)는 슬러리 온도가 10℃에서 90℃로 상승함에 따라 pH는 감소함에도 불구하고 conductivity가 약 1.88% 가량 완만하게 상승하는 것을 보여준다. 이는 온도가 상승함에 따라 용해된 Si⁴⁺ 이온의 양이 증가함을 말하는 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 실리카 슬러리의 온도 변화에 따른 산화막의 물성을 연구하기 위해 CMP특성을 실험하였다. 실리카 온도를 높임에 따라 파티클 크기, pH, 제타포텐셜, Conductivity의 특성이 향상됨을 알 수 있다. Silica 슬러리의 온도 변화에 따른 CMP하기 전과 후 5 μ m 세로 5 μ m를 촬영한 AFM 사진에서 RMS 거칠기의 평균은 슬러리 온도 40℃에서 평균 RMS 거칠기가 높아졌지만, 평균 RMS 거칠기는 20 Å이하로 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 연마율과 비균일도 특성에서 상온 이하의 슬러리에서는 낮은 연마율을 보였지만 상온보다 높은 슬러리는 온도에 증가에 따라 높은 연마율을 보이는 것을 알 수 있다. 그러나 슬러리 온도 10℃와 50℃에서의 비균일도 특성은 안정되지 않은 것을 알 수 있으나, 다른 온도에서 5%미만은 안정된 특성을 얻을 수 있었다. 슬러리의 온도에 변화에 따른 상온이상의 온도에서의 산화막의 CMP 특성은 50℃ 제외하고는 안정성을 나타내는 것을 알 수 있다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] Woo-Sun Lee, Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo, Jong-Kook Lee, "An Optimization of Tungsten Plug Chemical Mechanical Polishing (CMP) using Different Consumables, Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, No. 1, pp. 63-68, 2001
- [2] Yong-Jin Seo, Sang-Yong Kim, Woo-Sun Lee, "Optimization of Pre-Metal Dielectric (PMD) Materials", Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, No. 9, pp. 551-554, 2001.
- [3] J. Huang, H. C. Chen, J. Y. Wu, and W. Lur, "Investigation of CMP Micro-Scratch in the Fabrication of Sub-quarter Micron VLSI circuit". Proceeding of Chemical Mechanical Polishing - Multilevel Interconnection Conference (CMP-MIC), pp .77-79, 1999.
- [4] 김상용, "Chemical Mechanical Polish 공정변수의 이해" Journal of KIEEME, Vol.12, No.10, pp.9-18, 1999
- [5] Weidan Li, Dong Wook Shin, Minoru Tomozawa, Shyam p.Murarka, "The effect of the polishing pad treatments on the chemical-mechanical polishing of SiO₂ films" Thin Solid Films, issues 1-2, vol 270, pp 601-606, December 1995.
- [6] 조성환, 김형재, 김호윤, 서현덕, 김경준, 정해도, "CMP슬러리의 분산성 향상에 관한연구" 대한기계학회 논문집 A권, 제25권 제10호, pp. 1535-1540, 2001
- [7] Kevin Cooper, Anand Gupta, and Stephen Beaudoin, "THEORETICAL ANALYSIS OF THE ADHESION OF ASYMMETRICAL ALUMINA PARTICLES TO THIN FLIMS □, Process of Electrochemical society, Vol. 37, No. 1, pp. 391-395, 1999.
- [8] J. M. Steigerwald, S. P. Murarka, and R. J. Gutman, Chemical Mechanical Planarization of Microelectronic Materials, 1st ed. (Wiley-Interscience, New York, 1997), pp. 150, 151.