

# 연마제 첨가량에 따른 Mixed Abrasive Slurry (MAS)의 CMP 특성 고찰

이성일, 이영균, 박성우, 이우선\*, 서용진  
 대불대학교 전기전자공학과, 조선대학교 전기공학과\*

## Improvement of Mixed Abrasive Slurry (MAS) Characteristics According to the Abrasive Adding

Sung-Il Lee, Young-Kyun Lee, Sung-Woo Park, Woo-Sun Lee\*, Yong-Jin Seo  
 Daebul Univ., ChoSun Univ.\*

**Abstract :** Chemical mechanical polishing (CMP) technology has been widely used for global planarization of multi-level interconnection for ULSI applications. However, the cost of ownership and cost of consumables are relatively high because of expensive slurry. In this paper, we studied the mixed abrasive slurry (MAS). In order to save the costs of slurry, the original silica slurry was diluted by de-ionized water (DIW). And then, ZrO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, and MnO<sub>2</sub> abrasives were added in the diluted slurry in order to promote the mechanical force of diluted slurry. We have also investigate the possibility of mixed abrasive slurry for the oxide CMP application.

**Key Words :** MAS(Mixed Abraive Slurry), CeO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Silica Slurry

### 1. 서론

CMP가 1980년 IBM에 의해 반도체 웨이퍼의 표면 연마를 위해 적용된 후, 많은 연구 개발의 노력으로 현재는 반도체 집적회로의 제조 공정 중 CMP 공정이 필수 핵심 기술이 되었다. [1-3] 이처럼 CMP 공정 기술이 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해서는 매우 효과적이지만, 그림 1의 보인 연마 메커니즘에서 알 수 있듯이 기계적인 연마패드(Pad)와 화학적인 식각 작용을 하는 슬러리(Slurry)를 이용하여 연마가 진행되므로 공정 결함이 문제시되어 왔다[4]. 그 중에서도, 소모자재의 비용이 CMP 공정비용의 70% 이상을 차지하는 제조단가가 높다는 단점이 있다[5]. 특히, 고가의 슬러리가 차지하는 비중이 40% 이상을 넘고 있어, 슬러리 원액의 소모량을 줄이기 위한 연구들이 현재 활발히 연구 중이다. 본 논문에서는 실리카 슬러리를 탈이온수(De-ionized water; DIW)에 희석하고 세 가지 종류의 연마제를 첨가한 후 슬러리의 pH 변동에 대해 1차적으로 살펴보고, ZrO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub> 연마제를 각각 1wt%, 3wt%, 5wt% 첨가하여 산화막에 대한 CMP 특성 및 AFM 분석을 통해 표면 거칠기를 비교 분석 하였다[6, 7].

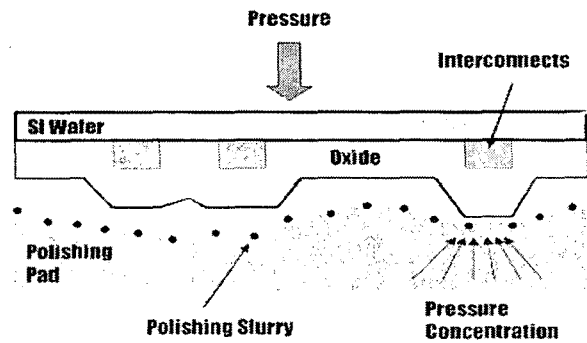


그림 1. CMP 공정 메커니즘

### 2. 실험

본 실험에서는 KOH-Based 폼드 실리카 슬러리에 탈이온수를 1 : 10으로 희석한 후 CeO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>를 각각 1wt%, 3wt%, 5wt% 첨가하여 CMP 연마율 및 비균일도, 표면 거칠기를 비교 분석하였다. 슬러리의 희석과 연마제 첨가 시 연마 입자가 용액 중에 고르게 퍼지도록 하기 위해 초음파 분산기를 이용 하였으며, 혼합 슬러리의 노화 현상 (Aging effect) 및 침전 방지를 위해 연마하기 전 교반기를 사용 2분 동안 슬러리를 충분히 교반시켜 주었다.

CMP 장비는 G & P Technology의 POLI-380를 사용하였다. 공정 조건으로는 테이블 속도 40rpm, 헤드속도 60rpm으로 설정하였고, 헤드압력은 300g/cm<sup>2</sup>으로 고정하였다. 연마시간은 60초로 고정하였다. 슬러리 유속은 90ml/min으로 공급하였고, 연마패드는 Rohm & hass의 IC-1400을 사용하였다. CMP 후의 산화막 두께는 K-MAX사의 ST-2000을 사용하였고, Malvern 사의 제타전위 측정기를 이용하여 입도 분석을 실시하였다. 그림 2는 CMP 연마 후에 완전히 세정되지 않고 웨이퍼 위에 남아 굳어진 슬러리 잔류물을 보인 것으로 이러한 슬러리 잔류물들을 Post-CMP Cleaning 과정으로 SC-1 (NH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 2 : 7) 비율로 섞인 케미컬에 3분간 담금질(Dipping) 한 후 1 : 10의 DHF 용액에 2분간 클리닝한 후, 4분 동안 초음파 세척하는 시퀀스를 적용함으로써 해결할 수 있었다.

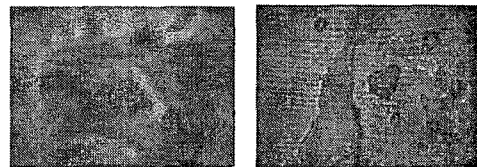


그림 2. CMP 공정 후 웨이퍼 표면에 남은 슬러리 잔류물

### 3. 결과 및 고찰

그림 3은 DIW에 CeO<sub>2</sub> 연마제를 1wt%, 3wt%, 5wt% 혼합한 후 CMP 공정 후의 연마율과 비균일도 특성을 비교하여 나타낸 것이다. CeO<sub>2</sub> 연마제를 3wt% 첨가한 경우 연마율은 180nm 정도로 가장 우수하였으며, 비균일도는 모든 시료 조건에서 5% 이내의 비교적 안정적인 상태를 보였다.

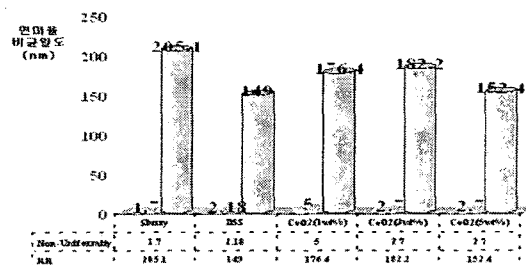


그림 3. CeO<sub>2</sub> 첨가량에 따른 연마특성

그림 4는 MnO<sub>2</sub> 연마제의 첨가량이 증가할수록 연마율은 미세하게 증가함을 알 수 있었고, 비균일도는 5wt% 이하로 비교적 안정적인 상태를 보이고 있음을 알 수가 있었다.

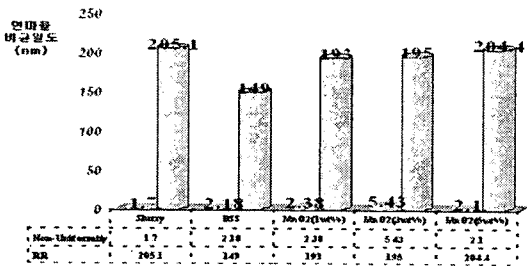


그림 4. MnO<sub>2</sub> 첨가량에 따른 연마특성

그림 5는 1 : 10으로 희석한 실리카 슬러리에 ZrO<sub>2</sub> 연마제를 1wt%에서 5wt%까지 첨가하여 CMP 공정 후의 연마 특성을 나타낸 것이다. ZrO<sub>2</sub> 첨가량에 관계없이 원액 슬러리와 유사한 연마율을 나타내었고 비균일도 5% 이하로 안정적이어서 고가의 슬러리를 상당히 절약 할 수 있음을 알 수 있었다.

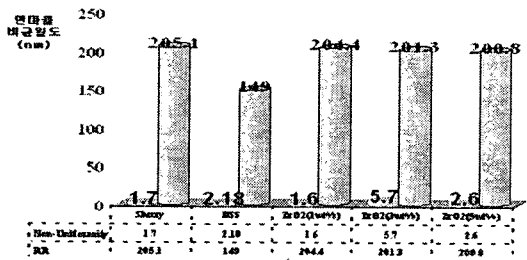


그림 5. ZrO<sub>2</sub> 첨가량에 따른 연마 특성

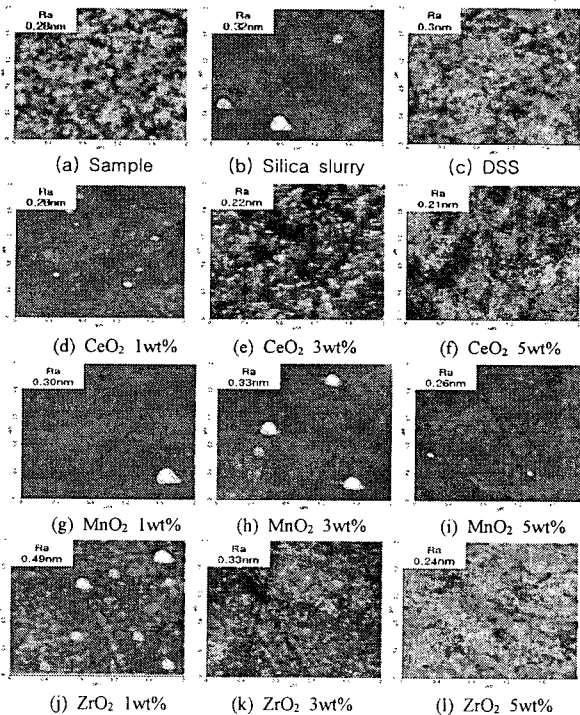


그림 6. 각각의 연마제의 대한 AFM 분석

각각의 CeO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> 연마제를 첨가하여 CMP한 후 AFM 표면 거칠기를 비교한 것이다. CeO<sub>2</sub>의 경우 연마제의 첨가량이 증가할수록 표면 거칠기가 개선됨을 알

수 있었고 MnO<sub>2</sub> 연마제를 첨가한 경우 5wt%일 때 Ra값이 0.26nm로 가장 좋은 결과를 나타내었다. ZrO<sub>2</sub>를 1wt% 첨가한 경우에 0.49nm로 표면 거칠기 측면에서 다소 문제점을 나타내었으나 ZrO<sub>2</sub> 3wt%일 때의 표면 거칠기는 0.24nm로 비교적 우수한 결과를 나타내었다. 위에 보인 결과에서 알 수 있듯이 많은 양을 희석 혼합하여 사용하는 것보다 적정선에서 알맞은 양을 희석 혼합한 경우 연마 특성 및 표면 거칠기가 개선됨을 알 수 있었다. 이상에서 고찰한 바와 같이 CeO<sub>2</sub> 연마제를 첨가한 경우 원액의 슬러리 보다 더 우수한 표면 특성을 나타내었고, ZrO<sub>2</sub> 연마제를 3wt% 첨가 했을 때 가장 좋은 연마율과 표면 형상을 나타내었다.

#### 4. 결론

희석된 실리카 슬러리에 ZrO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub> 연마제를 첨가한 경우 CMP 연마 특성에 미치는 결과는 다음과 같다. CeO<sub>2</sub> 연마제를 첨가한 경우 3wt%일 때 연마율은 182nm 정도로 가장 우수하였으며, 세리아 연마제의 함유량이 증가할수록 표면 거칠기가 개선됨을 알 수 있었다. MnO<sub>2</sub> 연마제는 첨가량이 증가할수록 연마율이 미세하게 증가함을 알 수 있었고, 비균일도는 5wt% 이하로 비교적 안정적인 상태를 보이고 있음을 알 수가 있었고 5wt%일 때 Ra값이 0.26nm로 가장 좋은 결과를 나타내었다. ZrO<sub>2</sub> 연마제는 첨가량에 관계없이 원액 슬러리와 유사한 연마율을 나타내었고 비균일도 5% 이하로 안정적이어서 고가의 슬러리를 상당히 절약 할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, ZrO<sub>2</sub>를 1wt% 첨가한 경우에 0.49nm로 표면 거칠기 측면에서 다소 문제점을 나타내었으나 ZrO<sub>2</sub> 3wt%일 때의 표면 거칠기는 0.24nm로 비교적 우수한 결과를 나타내었다. 위에 보인 결과에서 알 수 있듯이 많은 양을 희석 혼합하여 사용하는 것보다 적정선에서 알맞은 양을 희석 혼합한 경우 연마 특성 및 표면 거칠기가 개선됨을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국 과학재단 특정 기초연구 (R01-2006-99-11275-0) 지원으로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] William J. Patrick, et al, "Application of Chemical Mechanical Polishing to the Fabrication of VLSI Circuit Interconnection", J. of Electrochemical Soc., Vol. 138, p. 555, (1991)
- [2] L. M. Cook, "Topical Research Conference on Chemical-Mechanical Polishing for Planarization", SRC, Research Triangle Park, NC, proc. Vol #P92008, (1992)
- [3] W. Ong, S. Robles, S. Sohn, and B.C. Nguyen, "Characterization of Inter-Metal and Pre-Metal Dielectric Oxides for Chemical Mechanical Polishing Process Integration", VMIC conf., p. 197, (1993)
- [4] 박성우, 김상용, 서용진, "STI-CMP 적용을 위한 이중 연마 패드의 최적화", 대한전기학회 논문지, 51C권 7호, p. 311, (2002)
- [5] S. Y. Kim, Y. J. Seo, T. H. Kim, W.S. Lee, C. I. Kim, E. G. Chang, "An Optimized Nitride Residue Phenomena of Shallow Trench Isolation (STI) Process by Chemical Mechanical Polishing (CMP)", IUMRS-ICEM-98, p. 468, (1998)
- [6] Yong-Jin Seo, Woo-Sun Lee, "Effects of Mixed Abrasive Slurry in Oxide-Chemical Mechanical Polishing", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 45, pp. S618S621 December, (2004)
- [7] Yong-Jin Seo, Woo-Sun Lee, Pochi Yeh, "Improvements of oxide-chemical mechanical polishing performances and aging effect of alumina and silica mixed abrasive slurries". Microelectronic Engineering Vol.75, pp.361-366, (2004)