

## ZrO<sub>2</sub> - DSS의 CMP 특성에 관한 연구

이성일, 박성우, 이우선\*, 서용진  
 대불대학교, \*조선대학교

### A Study on the Oxide CMP Characteristics using ZrO<sub>2</sub> -Diluted Silica Slurry(ZrO<sub>2</sub> -DSS)

Sung-Il Lee, Sung-Woo Park, Woo-Sun Lee\*, and Yong-Jin Seo  
 Daebul University, \*Chosun University

**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, 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> abrasives were added in the diluted silica slurry (DSS) in order to promote the mechanical force of diluted slurry. We have also investigate the possibility of mixed abrasive slurry (MAS) for the oxide CMP application.

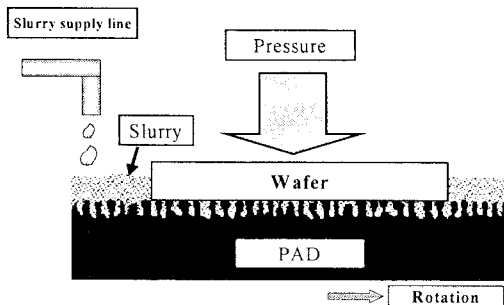
두께는 K-MAX사의 ST-2000을 사용하였고, Malvern 사의 제타전위 측정기를 이용하여 입도 분석을 실시하였다. Post-CMP Cleaning은 NH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 2 : 7의 비율로 섞인 SC-1 케미컬에 3분간 담금질(dipping) 한 후 1 : 10의 DHF 용액에 2분간 클리닝한 후, 4분 동안 초음파 세척하는 시퀀스를 적용하였다.

#### 1. 서 론

CMP (chemical mechanical polishing)가 1980년 IBM에 의해 반도체 웨이퍼의 표면 연마를 위해 적용된 후, 많은 연구 개발의 노력으로 현재는 반도체 집적회로의 제조 공정 중 CMP 공정이 필수 핵심기술이 되었다.[1-3] 하지만 슬러리가 차지하는 비중이 40% 이상을 넘고 있어, 슬러리 원액의 소모량을 줄이기 위한 연구들이 현재 활발히 진행되고 있다. 이러한 일례로 슬러리의 재활용에 의한 방법과 회석에 의한 방법이 가장 두드러지고 있다.[4-7] 슬러리 재활용의 경우에는 산화막 CMP 공정시 연마제 (abrasive)로 주로 사용되는 실리카 (SiO<sub>2</sub>) 입자와 CMP 공정 후 산화막의 제거입자와의 선별이 문제가 되어 반응물을 함유한 화학액의 재처리를 거쳐 공정 전의 슬러리에 포함된 화학액의 순도로 다시 환원하는 것이 상당히 어려운 문제이다. 이러한 까닭에 슬러리의 재활용보다는 탈이온수의 (De-Ionized Water : DIW) 회석에 의한 방법을 많은 곳에서 채택 중이다. 따라서, 본 논문에서는 실리카 슬러리를 탈이온수에 회석하고 ZrO<sub>2</sub> 연마제를 각각 1wt%, 3wt%, 5wt%첨가하여 산화막에 대한 CMP 특성을 알아보았다.[8-9]

#### 2. 실험

본 실험에서는 KOH-Based 폼드 실리카 슬러리에 탈이온수를 1:10 으로 희석한 후 ZrO<sub>2</sub> 를 각각 1wt%, 3wt%, 5wt% 첨가하여 CMP 연마율 및 비균일도를 비교 분석하였다. 슬러리의 회석과 연마제 첨가 시 연마 입자가 용액 중에 고르게 퍼지도록 하기 위해 초음파 분산기를 이용하였으며, 혼합된 슬러리의 노화 현상 (aging effect) 및 침전을 방지하기 위해 연마하기 전에 교반기를 사용하여 2분 동안 슬러리를 충분히 교반시켜 주었다. 또한, 분산시간에 따른 연마특성을 알아보기 위해 ZrO<sub>2</sub>를 1wt%첨가하여 초음파분산시간 20sec, 40sec, 60sec 분산시킨 후, pH 측정 장비를 사용하여 DIW에 KOH용액을 이용하여 pH를 9.6 - 11.5까지 변화를 준 후 CMP 연마율 및 비균일도를 비교 분석하였다.



<그림 1> CMP 공정의 개략도

CMP 장비는 G & P Technology의 POLI-380을 사용하였으며 그림 1에 CMP 공정도를 개략적으로 나타내었다. 또한 표 1은 본 CMP 공정에 적용된 공정변수들을 요약한 것이다. CMP 후의 산화막

<표 1> CMP 장비의 DOE 조건

Table Speed	40 rpm
Head Speed	60 rpm
polisher Pressure	300 g/cm <sup>2</sup>
Pad Width	16 inch
Pad	IC-1400
Time	60 sec

#### 3. 결과 및 고찰

표 2는 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.

<표 2> ZrO<sub>2</sub> 첨가량에 따른 연마특성

	Slurry	DSS	ZrO <sub>2</sub> (wt%)		
			(1wt%)	(3wt%)	(5wt%)
RR(nm)	205.1	149	204.4	201.3	200.8
NU	1.7	2.18	1.6	5.7	2.6
Ra(nm)	0.324	0.301	0.372	0.246	0.338

표 3은 DIW에 ZrO<sub>2</sub> 연마제를 1wt% 혼합한 후 20sec, 40sec, 60sec 초음파 분산하여 CMP 공정 후의 연마율과 비균일도 특성을 비교하여 나타낸 것이다. 분산 시간이 상승함에 따라 연마율은 미세하게 증가함을 알 수 있었고 비균일도는 5% 이하로 비교적 안정적인 상태를 보이고 있음을 알 수가 있었다.

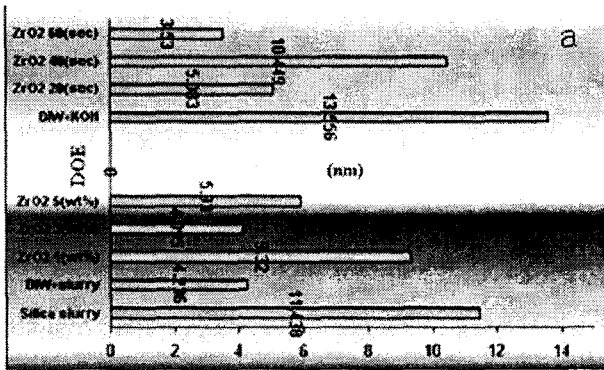
<표 3> ZrO<sub>2</sub> 연마제의 분산시간에 대한 연마특성

	DIW+KOH	ZrO <sub>2</sub> (sec)		
		(20sec)	(40sec)	(60sec)
RR(nm)	160.1	226.9	239.3	254.3
NU	2.9	2.6	2.0	4.9
Ra(nm)	0.285	0.192	0.245	0.217

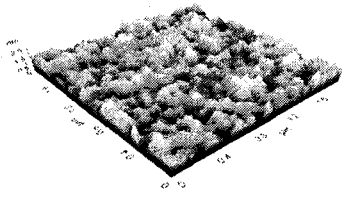
그림 2 (a)는 ZrO<sub>2</sub> 분산 시간에 따른 표면 거칠기를 나타낸 것이다. 40초 분산 후 Rpv 값은 10.4nm로 다소 표면 거칠기 측면에서 문제점을 나타내었으나, 60초 분산 후 Rpv 값은 3.5nm로 표면 거칠기가 개선됨을 알 수 있었다. 그림 2 (b)는 ZrO<sub>2</sub> 첨가량에 따른 Rpv 값을 비교 한 것이다. ZrO<sub>2</sub>를 3wt%첨가하여 측정된 결과 4.0nm로 원액 슬러리에 비해 매우 우수한 표면 거칠기 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

그림 3은 본 실험에서 자체 제조한 ZrO<sub>2</sub>-MAS의 AFM 결과를 보인 것이다. 원액 실리카 슬러리인 그림 3(b)의 경우보다는 다소 떨어져지만, 그림 (c)에 보인 DSS 보다는 우수한 표면 특성을 얻을 수 있었다. 그림 3(f)에 보인 것처럼 5wt%를 첨가한 경우에는 실험상의 오류로 심각한 스크래치가

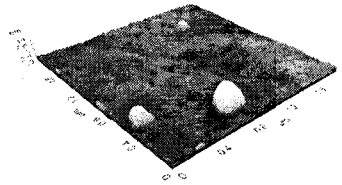
발견되었다. 따라서 본 실험에서는 3wt%의 ZrO<sub>2</sub>를 첨가한 경우에 가장 우수한 연마특성 및 표면품질을 나타내었다고 판단된다.



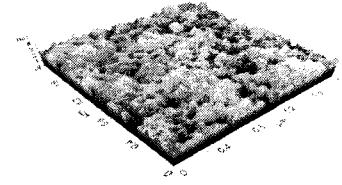
〈그림 2〉 ZrO<sub>2</sub> 분산 시간과 첨가량에 따른 표면 거칠기



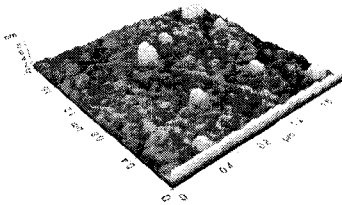
(a) Before-CMP



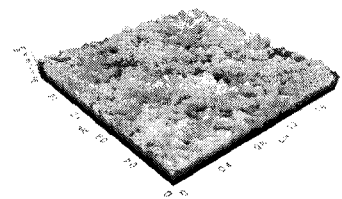
(b) Original silica slurry



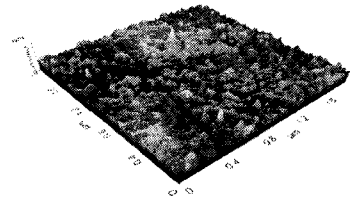
(c) DSS



(d) ZrO<sub>2</sub> 1 wt%



(e) ZrO<sub>2</sub> 3 wt%



(f) ZrO<sub>2</sub> 5 wt%

〈그림 3〉 AFM 결과

#### 4. 결 론

ZrO<sub>2</sub> DSS 슬러리의 CMP 특성에 관한 결과는 다음과 같다. 첫째, 희석된 실리카 슬러리에 ZrO<sub>2</sub>연마제를 첨가한 경우 첨가량에 관계없이 원액 슬러리와 유사한 연마율을 나타내어, 고가의 슬러리를 상당히 절약 할 수 있어 공정 단가를 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 비균일도는 모든 시료 조건에서 6% 이내의 비교적 안정적인 상태를 보이고 있음을 알 수가 있었다. 둘째, DIW에 ZrO<sub>2</sub> 연마제를 1wt% 혼합한 후 20sec, 40sec, 60sec 초음파 분산하여 CMP 공정 후의 연마율과 비균일도 특성을 비교한 결과 분산 시간이 상승함에 따라 연마율은 미세하게 증가함을 알 수 있었고 비균일도는 5% 이하로 비교적 안정적인 상태를 보이고 있음을 알 수가 있었다. 셋째, ZrO<sub>2</sub>의 분산 시간과 첨가량에 따른 Rpv값을 분석한 결과 40초 분산 후, Rpv 값은 10.4nm로 다소 표면 거칠기 측면에서 문제점을 나타내었으나, 60초 분산 후 Rpv 값은 3.5nm로 표면 거칠기가 개선되었고, ZrO<sub>2</sub>를 3wt% 첨가하였을 때 4.0nm로 원액 슬러리에 비해 매우 우수한 표면 거칠기 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2006년도 한국학술진흥재단 중점연구소의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2006-005-J00902).

#### [참 고 문 헌]

- [1] Sung-Woo Park, Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo, "Reduction of Micro-Defects in the Inter-Metal Dielectric (IMD) Chemical Mechanical Polishing (CMP) for ULSI Applications", Proceedings of ISEIM-2001, Japan.(Nov. 19 - 22, 2001). pp. 63-66.
- [2] Y. J. Seo, S. Y. Kim, W. S. 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] S. Y. Jeong, S. Y. Kim and Y. J. Seo, A Study on the Reproducibility of HSS STI-CMP Process for ULSI Applications, Proc. IUMRS-ICEM, p.509, 2002.
- [4] A. Jinda, S. Hegde, S.V Babu, "Chemical Mechanical Polishing Using Mixed Abrasive Slurry", Electrochemical and Solid-State Letters, Vol. 5, No. 4, p.648, 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)
- [8] 한성민, 박성우, 이우선, 서용진, "슬러리 분산 및 pH가 Oxide CMP에 미치는 영향", 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 1731-1732, (2006)
- [9] 이성일, 박성우, 이우선, 서용진, "혼합 연마제 슬러리를 이용한 Oxide CMP 특성에 관한 연구", 대한전기학회 학술대회 논문집, pp.1727-1728, (2006)