

혼합 연마제 슬러리를 이용한 Oxide CMP 특성에 관한 연구

이성일, 박성우, 이우선*, 서용진
 대불대학교, 조선대학교*

A Study on the Oxide CMP Characteristics of using Mixed Abrasive Slurry(MAS)

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

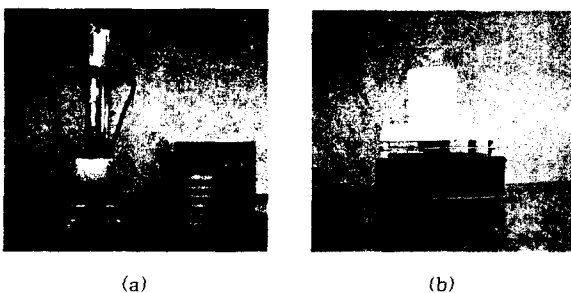
Abstract - Chemical mechanical polishing (CMP) technology has been widely used for global planarization of multi-level interconnection for ULSI applications. However, the cost of ownership and cost of consumables are relatively high because of expensive slurry. In this paper, we studied the mixed abrasive slurry(MAS). In order to save the costs of slurry, the original silica slurry was diluted by de-ionized water (DIW). And then, ZrO₂, CeO₂, and MnO₂ 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.

1. 서 론

최근에 소자의 크기가 줄어들고 배선의 선폴이 나노(nano)급으로 줄어들 뿐 아니라 다층의 구조를 갖게 됨에 따라 공정 후에 남게 되는 미세한 돌출부분을 제거해야 한다. 특히, 다층으로 쌓게 되는 logic 소자의 경우에는 다음 사진공정이 이루어지기 전에 영역내에 남아있는 돌출부위를 선택적으로 제거하는 평탄화하는 공정이 필수적이다. 이러한 기술적 요구로 인해서 CMP (chemical mechanical polishing) 공정이 반도체 제조에 등장하게 되었다[1-3]. CMP가 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. 이처럼 CMP 공정 기술이 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해서는 매우 효과적이지만, 그 어원에서도 알 수 있듯이 기계적인 연마패드(pad)와 화학적인 식각 작용을 하는 슬러리(slurry)를 이용하여 연마가 진행되므로 공정 결함이 문제시되어 왔다[4]. 그 중에서도, 소모자재(연마패드, 탄성 지지대, 슬러리, 패드 컨디셔너)의 비용이 CMP 공정 비용의 70% 이상을 차지하는 등 제조단가가 높다는 단점을 극복할 수가 없었다[5, 6]. 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, ZrO₂, CeO₂, MnO₂ 연마제를 각각 1wt%, 3wt%, 5wt% 첨가하여 산화막에 대한 CMP 특성을 알아보았다[7, 8].

2. 실험

본 실험에서는 KOH-Based 폼드 실리카 슬러리에 탈이온수를 1:10으로 희석한 후 CeO₂, MnO₂, ZrO₂를 각각 1wt%, 3wt%, 5wt% 첨가하여 CMP 연마율 및 비균일도를 비교 분석하였다. 슬러리의 희석과 연마제 첨가 시 연마 입자가 용액 중에 고르게 퍼지도록 하기 위해 그림 1의 (a)에 나타난 초음파 분산기를 이용하였으며, 혼합된 슬러리의 노화 현상 (aging effect) 및 침전을 방지하기 위해 연마하기 전에 (b)의 교반기를 사용하여 2분동안 슬러리를 충분히 교반시켜 주었다.



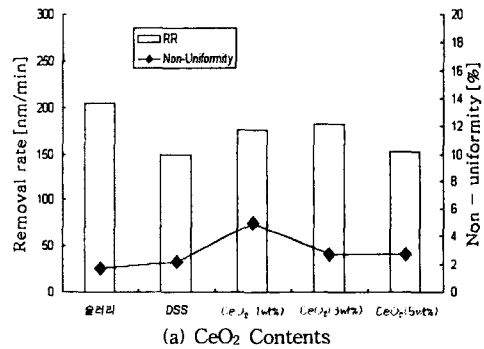
<그림 1> (a) 초음파 분산기 (b) 교반기

CMP 장비는 G & P Technology의 POLI-380을 사용하였다. 표1은 본 CMP 공정에 적용된 공정변수를 요약한 것이다. CMP 후의 산화막 두께는 K-MAX사의 ST-2000를 사용하였고, Malvern사의 제타전위 측정기를 이용하여 입도 분석을 실시하였다. Post-CMP Cleaning은 NH₄OH : H₂O₂ : H₂O = 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.

<표 1> CMP 장비의 DOE 조건

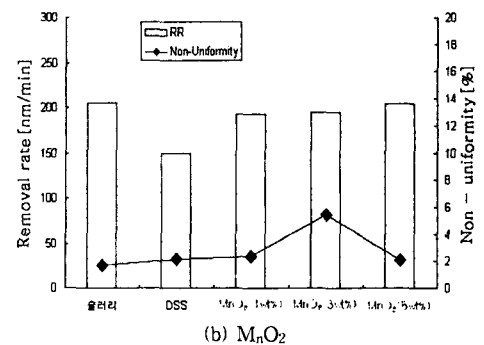
Table Speed	40 rpm
Head Speed	60 rpm
polisher Pressure	300 g/cm ²
Pad Width	16 inch
Pad	IC-1400
Time	60 sec

3. 결과 및 고찰



<그림 2> CeO₂ 함유량에 따른 연마 특성

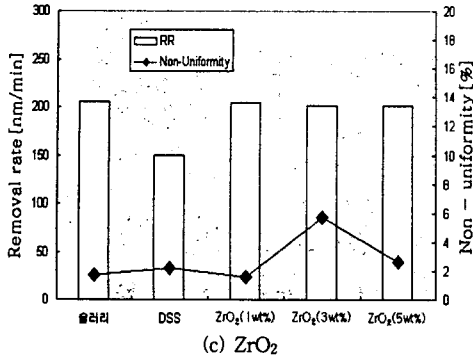
그림 2는 1:10으로 희석한 실리카 슬러리에 CeO₂ 연마제를 1wt%에서 5wt%까지 첨가하여 CMP 공정 후의 연마 특성을 나타낸 것이다. 연마제를 3wt% 첨가한 경우 연마율은 180 [nm] 정도로 가장 우수하였으며, 비균일도는 모든 시료 조건에서 5% 이내의 비교적 안정적인 상태를 보이고 있음을 알 수가 있었다.



<그림 3> MnO₂ 함유량에 따른 연마 특성

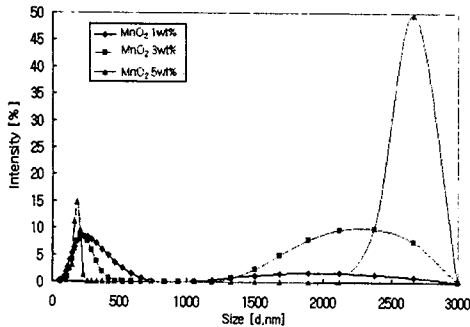
그림 3은 1:10으로 희석한 실리카 슬러리에 MnO₂ 연마제의 첨가량에 따른 연마율과 비균일도 특성을 비교하여 나타낸 것이다. 연마

제의 함량이 증가함에 따라 연마율은 미세하게 증가함을 알 수 있었고, 비균일도는 MnO_2 함량이 3wt% 일때 다소 불안정한 경향을 나타내었다.

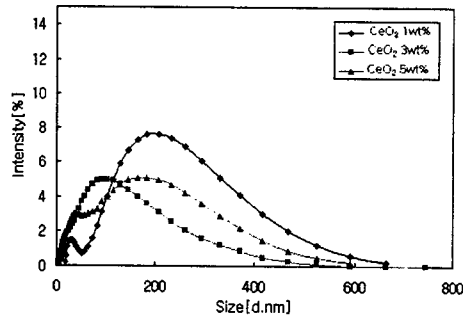


〈그림 4〉 ZrO_2 함유량에 따른 연마 특성

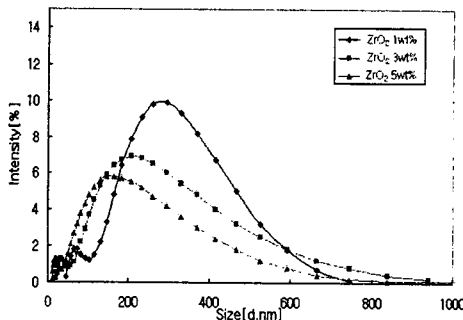
그림 4는 1:10으로 희석한 실리카 슬러리에 ZrO_2 연마제를 1wt%에서 5wt%까지 첨가하여 CMP 공정 후의 연마 특성을 나타낸 것이다. ZrO_2 첨가량에 관계없이 원액 슬러리와 유사한 연마율을 나타내어, 고가의 슬러리를 상당히 절약 할 수 있음을 알 수 있었다.



(a) MnO_2



(b) CeO_2



(c) ZrO_2

〈그림 5〉 각각의 연마제 첨가량에 따른 연마입자의 크기 분포

그림 5는 PSS(Particle Sizing System)인 Malvern 사의 체타전위 측정기를 이용하여 각각의 연마제 첨가량에 따른 개별적인 연마입

자의 갯수를 나타내었다. MnO_2 연마제의 첨가량이 증가함에 따라 연마입자의 크기가 증가함을 알 수 있었고, CeO_2 연마입자는 1wt%에서 3wt%까지 감소하는 현상을 보이다가, 5wt%에서 다시 연마입자의 크기가 다소 15nm로 증가 하였는데 이는 연마제의 과잉첨가가 연마입자의 뭉침 현상(aggregation)을 발생시키기 때문으로 생각된다. 또한, ZrO_2 연마제의 함유량을 증가함에 따라 연마입자가 계속해서 감소하는 경향을 나타내었다.

4. 결 론

희석된 실리카 슬러리에 ZrO_2 , CeO_2 , MnO_2 연마제를 첨가한 경우 CMP 연마 특성에 미치는 영향에 대해 고찰하여 얻은 결과는 다음과 같다. CeO_2 연마제를 3wt% 첨가한 경우 연마율은 180 [nm] 정도로 가장 우수하였으며, MnO_2 연마제는 함량이 증가함에 따라 연마율이 미세하게 증가함을 알 수 있었다. 또한, ZrO_2 연마제는 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. 입도 분석은 MnO_2 연마제의 첨가량이 증가함에 따라 연마입자의 크기가 증가함을 알 수 있었고, CeO_2 연마제는 1wt%에서 3wt%까지 감소하는 현상을 보이다가, 5wt%에서 다시 연마입자의 크기가 다소 15nm로 증가 하였는데 이는 연마제의 과잉첨가가 연마입자의 뭉침 현상(aggregation)을 발생시키기 때문으로 생각된다. 또한, ZrO_2 연마제의 함유량을 증가함에 따라 연마입자가 계속해서 감소하는 경향을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 한국 과학재단 특정 기초연구 (R01-2006-999-11275-0) 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 Reserach Conference on Chemical-Mechanical Polishing for Planarization", SRC, Research Traingle 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] 이우선, 서용진, 김상용, 장의구, "STI-CMP 공정의 질화막 잔존물 및 패드 산화막 손상에 대한 연구", 대한전기학회 논문지, Vol. 50, No. 9, p. 438, (2001)
- [6] 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)
- [7] Yong-Jin Seo, Woo-Sun Lee, "Eects of Mixed Abrasive Slurry in Oxide-Chemical Mechanical Polishing", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 45, pp. S618S621 December, (2004)
- [8] 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)