

첨가제에 따른 SiO₂ CMP 특성

이우선, 고필주, 최권우, 신재욱, 서용진*

조선대학교 전기공학과, 대불대학교 전기전자공학과*

SiO₂ CMP Characteristic by Additive

Woo-Sun Lee, Pi-Ju Ko, Kwon-Woo Choi, Jae-Wook Shin, and Yong-Jin Seo*

Chosun Univ., Daebul Univ.*

Abstract

The chemical mechanical polishing (CMP) has been widely accepted for the global planarization of multi-layer structures in semiconductor manufacturing. However, cost of ownership (COO) and cost of consumables (COC) were relatively increased because of expensive slurry.

In this paper, the effects of different slurry composition on the oxide CMP characteristics were investigated to obtain the higher removal rate and lower non-uniformity. We prepared the various kinds of slurry. In order to save the costs of slurry, the original slurry was diluted by de-ionized water (DIW). And then, alumina abrasives were added in the diluted slurry in order to promote the mechanical force of diluted slurry.

Key Words : chemical mechanical polishing (CMP), slurry, abrasive, removal rate, non-uniformity

1. 서론

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]. 따라서 STI(shallow trench isdation)-CMP[2], W, Al, Cu등과 같은 금속 CMP 공정[3, 4]의 광역평탄화에 없어서는 안될 핵심공정으로 자리잡고 있다[2, 3]. CMP는 웨이퍼와 연마 패드 사이에 존재하는 연마제(abrasive)에 의한 기계적인 연마와 슬러리에 의한 화학적 에칭이 동시에 일어나는 공정이다. 이러한 CMP 공정에 영향을 미치는 주요한 변수로는 슬러리의 화학적·기계적인 역할, 패드의 재질 및 기계적 특성, 패드 컨디셔닝, 연마장비의 공정변수, 연마 후 세정 공정[5], 표면 결함 분석 방법등을 들 수 있다. 따라서, 모든 공정과 장비에 대한 이해와 모든 변수에 대한 조절이 이루어져야 한다. 특히, 이러한 변수

들의 최적화된 조합에 의한 CMP 공정 후에 연마 제거율과 비균일도는 CMP 공정의 제어 및 품질과 관련하여 중요한 위치를 차지하고 있다. 연마제거율은 CMP 공정 전의 두께에서 CMP 공정 후의 두께를 빼고 거기에 다시 연마시간으로 나눈 값으로, 이를 통해 웨이퍼 내의 박막 두께에 대한 균일도를 나타내는 기준이다. 웨이퍼 두께에 대한 표준 편차를 평균으로 나눈 값에 대해 백분율로 계산된 값으로 웨이퍼내의 비균일도(within wafer non-uniformity; WIWNU), 웨이퍼간 비균일도(wafer to wafer to non-uniformity; WTWNU) 등이 있다. 따라서, 웨이퍼 자체의 두께 편차가 보정되지 않은 채 연마가 진행되면 비균일도에 악영향을 미친다. 본 논문에서는 이상에서 열거한 많은 요소들 중에서 CMP 운전비용의 70 %이상을 차지하는 슬러리의 조성이 산화막 CMP 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 원액 실리카 슬러리를 DIW(de-ionized water)에 희석시킨 후, 여기에

Al₂O₃ 연마제를 첨가하여 실험하였으며, 각각의 슬러리 조성에 따른 연마제거율과 비균일도를 측정하여 산화막 CMP 특성과의 관계를 조사하였다.

2. 실험

본 실험에서는 슬러리의 조성비에 따른 연마율과 균일도를 측정하기 위해 실험을 진행하였다.

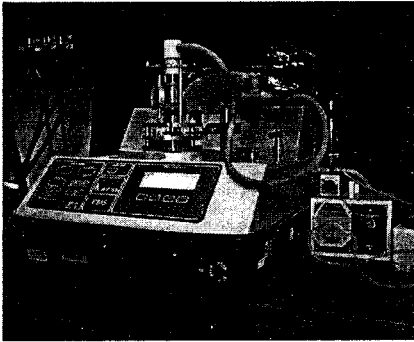


그림 1. PM5 CMP 장비 사진.

Fig. 1. Photograph of PM5 CMP equipment.

그림 1은 본 실험에서 사용된 CMP 장비인 PM5 나타낸 것으로, 약 4000Å 두께의 열산화막이 증착된 4인치 웨이퍼를 이용하여 연마하였다.

표 1. 슬러리 목록.

Table 1. Slurry a List.

No	Slurry composition
1	original raw silica slurry
2	1:10 diluted silica slurry
3	1:10 diluted silica slurry + Al ₂ O ₃ (0.1wt%)
4	1:10 diluted silica slurry + Al ₂ O ₃ (0.5wt%)

본 실험에 주요하게 사용된 슬러리는 KOH-based 실리카 슬러리로서 표 1과 같이 슬러리 원액과 DIW를 1:10으로 희석한 슬러리와 희석한 슬러리에 연마제로 각각 0.1wt%와 0.5wt%의 Al₂O₃ 첨가하여 실험하였다.

표 2. CMP 장비의 공정조건.

Table 2. Process conditions of CMP equipment.

Table speed	60 [rpm]
Polishing time	90 [sec]
Slurry flow rate	90 [ml/min]

표 2는 CMP의 공정조건을 나타낸 것으로 테이블의 회전 속도는 60 rpm, 슬러리의 유속은 90ml/min으로 설정하여 90sec동안 연마를 진행하였다. 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, 1분간 1 : 10의 DHF 용액에서, 마지막으로 초음파 세척기를 이용하여 5분 동안 클리닝하였다. 또한, 패드 컨디셔닝에 의한 영향을 막기 위해 컨디셔닝 압력을 2 kg/cm²으로 고정하였고, 패드는 안정된 상태이어서 교체 없이 사용하였으며, 슬러리는 aging 현상을 방지하기 위하여 연마전에 교반기를 이용하여 충분히 교반시켜 주었다.

마지막으로 연마율을 계산할 때 측정에 따른 변수를 막기 nano spec을 이용하여 측정위치를 중앙에서 가장자리까지 9점의 동일한 지점들을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

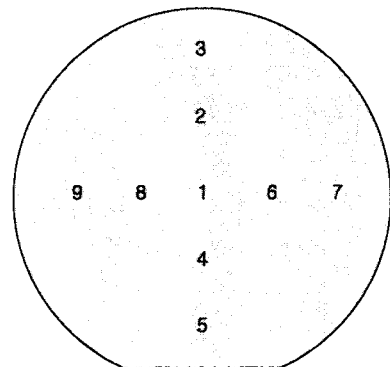


그림 2. 웨이퍼의 측정위치를 나타낸 그림.

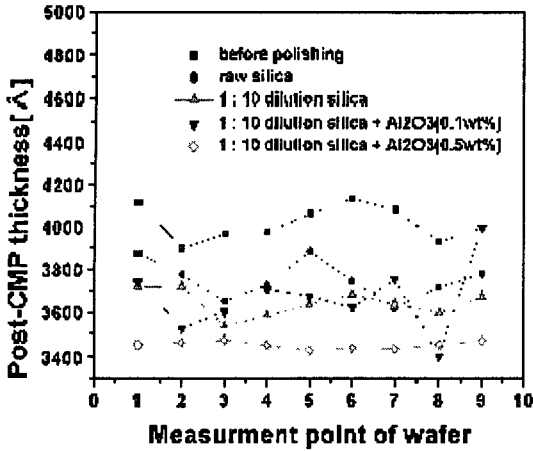


그림 3. 슬러리 조성에 따른 post-CMP 두께 특성
Fig. 3. Post-CMP thickness as a function of measurement location of each wafer.

그림 3은 슬러리 조성에 따른 post-CMP thickness를 각 측정 위치에 따라 나타낸 그림이다. post-CMP 두께는 원액의 실리카 슬러리 보다 1:10의로 DIW를 희석한 경우 높게 나타 났지만, 연마제인 Al_2O_3 를 첨가할수록 더 향상됨을 알 수 있었다. 또한 그림 2에서 보인 것처럼 웨이퍼의 위치에 따라 9점을 측정하였다. 원액 슬러리를 사용한 경우 웨이퍼 전체에 걸쳐 두께 차이가 없는 우수 우수한 특성을 보였다. 그러나 슬러리의 희석에 의해 연마율이 떨어졌음 그러나 알루미늄 연마제를 첨가함으로써 비교적 원액 슬러리에 가까운 연마특성을 보였다. 이는 슬러리의 희석에 대한 가능성을 보여주는 것이다.

그림 4는 슬러리 조성에 따른 연마제거율과 비균일도를 나타낸 것으로, 원액 실리카 슬러리와 DIW를 1:10으로 희석한 경우 낮은 연마율을 보였으나, 연마제인 Al_2O_3 를 첨가 될 수록 떨어진 연마율이 회복 됨을 볼 수 있다. 또한 1:10으로 원액의 실리카 슬러리와 DIW를 희석한 경우에 높은 비균일도 특성을 보인 반면 높은 연마율을 보인 Al_2O_3 의 경우 0.5 wt%를 첨가했을 때 보다 0.1 wt%를 첨가 하였을때 더 안정된 비균일도를 확보 할 수 있었다.

그림 5는 각각의 슬러리에 따른 입도 분석을 나타낸 그래프이다. Raw silica, 1:10 diution silica, 1:10 diution silica + Al_2O_3 (0.1wt%), 1:10 diution silica, 1:10 diution silica + Al_2O_3 (0.5wt%) 4종류 슬러리의 입도 분석을 나타낸 것이다.

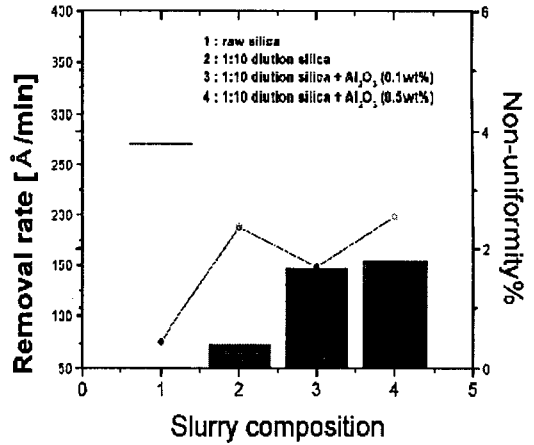


그림 4. 슬러리에 조성에 따른 연마율과 비균일도 비교.

Fig. 4. Removal rate and Non-uniformity slurry composition.

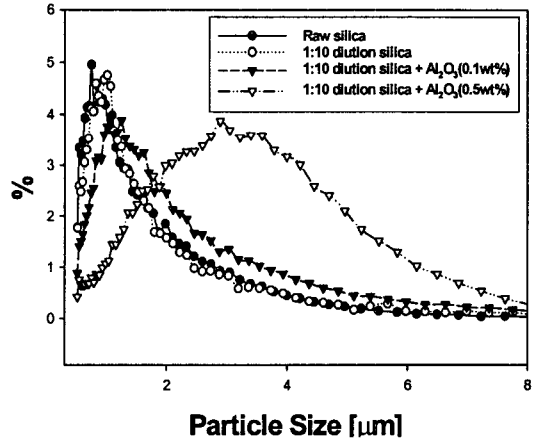


그림 5. 슬러리에 조성에 따른 입도분석.

Fig. 5. slurry composition.

주로 $1 \mu m$ 이하의 abrasive가 많은 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. 원액 슬러리와 희석한 슬러리와 달리 알루미늄 연마제가 0.1wt% 첨가된 경우 오른쪽으로 이동함을 알 수 있다. 그러나 0.5wt%의 알루미늄 연마제가 첨가된 경우에는 연마제의 응고현상이 두드러져 상당히 큰 $3 \sim 5 \mu m$ 의 연마제 분포를 보였다.

4. 결 론

본 논문에서는 슬러리 조성에 따른 CMP특성을 알아보기 위해 실험하였다. 원액의 실리카 슬러리와 DIW를 1:10으로 희석한 경우에 낮은 연마율과 높은 비균일도를 보인 반면 연마제인 Al_2O_3 를 첨가 하였을 때 보다 높은 연마율을 얻을 수 있었다. 또한 Al_2O_3 를 0.5 wt% 첨가 했을 때 보다 0.1 wt% 첨가한 경우에 안정된 비균일도 특성을 얻을 수 있었다. 이와같은 결과로 인해 원액의 실리카 슬러리에 DIW를 희석하고 연마제를 첨가하면 고가의 슬러리 사용량을 줄여 CMP 운전비용을 절감하는 효과를 나타낼수 있을것으로 기대된다. 또한 향후에 슬러리에 첨가된 연마제의 신뢰성 평가와 더불어 표면의 스크래치등의 공정결함에 대한 조사가 이루어져야 할 것으로 본다.

감사의 글

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2002-005-D00011)

참고 문헌

- [1] W. S. Lee, S. Y. Kim, Y. J. Seo, J. K. 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, p. 63, 2001.
- [2] Sang-Youg Kim, Youg-Jin Seo, "Correlation analysis between pattern and non-pattern wafer for characterization of shallow trench isolation-chemical mechanical polishing (STI-CMP) process", Microelectronic Engineering, Elsevier Science, Vol. 60, Issue. 3-4, pp. 357-364, 2002.
- [3] Woo-Sun Lee, Sang-Youg Kim, Youg-Jin Seo, Jong-Kook Lee, "An Optimization of Tungsten Plug Chemical Mechanical Polishing (CMP) using Different Consumables, Journal of Materials Science : Materials in Electornics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, No. 1, pp. 63-68, 2001
- [4] Youg-Jin Seo, Sang-Youg Kim, Woo-Sun Lee, "Optimization of Pre-Metal Dielectric (PMD) Materials", Journal of Materials

Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publichers, Vol. 12, No. 9, pp. 551-554, 2001.

- [5] Youg-Jin Seo, Woo-Sun Lee, Sang-Youg Kim, Ji-Sung Park, Eui-Goo Chang, "Optimization of Post-CMP Cleaning Process for Elimination of CMP Slurry Induced Metallic Contaminations", Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Acadmic Publisher, Vol. 12, No. 7, pp. 441-415, 2001.