

CMP 슬러리 연마제의 재활용에 대한 연구

이경진*, 김기욱*, 박성우*, 최운식*, 서용진*
대불대학교 전기전자공학과*

A Study on the recycle of CMP Slurry Abrasives

Kyoung-Jin Lee*, Gi-Uk Kim*, Sung-Woo Park*, Woon-Shik Choi*, Yong-Jin Seo*
Dep. Electrical and Electronic Eng. Daebul Uni.*

Abstract

Recently, CMP (chemical mechanical polishing) technology has been widely used for global planarization of multi-level interconnection for ULSI applications. However, COO (cost of ownership) and COC (cost of consumables) were relatively increased because of expensive slurry. In this paper, we have studied the possibility of recycle of reused silica slurry in order to reduce the costs of CMP slurry. Also, we have collected the silica abrasive powders by filtering after subsequent CMP process for the purpose of abrasive particle recycling. And then, we annealed the collected abrasive powders to promote the mechanical strength of reduced abrasion force. Finally, we compared the CMP characteristics between self-developed KOH-based silica abrasive slurry and original slurry. As our experimental results, we obtained the comparable removal rate and good planarity with commercial products. Consequently, we can expect the saving of high cost slurry.

Key Words : CMP (chemical mechanical polishing), consumables, reused slurry, abrasive, removal rate.

1. 서론

CMP (chemical mechanical polishing) 기술은 반도체 제조 공정의 집적도가 증가함에 따라 의존도 또한 높아져 ILD (inter-level dielectric), IMD (inter-metal dielectric), PMD (pre-metal dielectric)막의 광역 평탄화[1, 2]에 없어서는 안될 필수적인 공정으로 자리 잡았다. CMP 공정은 화학적이고 기계적인 힘에 의해 표면을 매끄럽게 평탄화하는 공정으로 웨이퍼의 전면을 회전하는 패드 사이에 화학적인 액상의 슬러리를 공급하면서 기계적으로 연마하는 기술이다. 이처럼 CMP 공정 기술이 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해서는 매우 효과적이지만, 현재 사용되는 CMP 장비와 소모자재 (연마패드, 탄성 지지대, 슬러리, 패드 컨디셔너)는 CMP 공정 비용의 70 % 이상을 차지하

는 등 제조 단가가 높다는 단점을 극복할 수가 없었다[3, 4]. 특히, CMP와 관련하여 COC (cost of consumable)의 약 50 % 정도가 슬러리에 해당된다[5]. 또한, 높은 연마 제거율과 낮은 비균일도의 특성을 얻기 위해서는 충분한 슬러리의 투입이 요구되어 이러한 슬러리의 재활용에 대한 연구는 매우 의미 있는 일이 아닐 수 없다.

본 논문에서는, 슬러리의 재활용에 대한 가능성을 조사하기 위해 폐슬러리를 사용하여 CMP 특성을 알아보았고, 더 나아가, 실리카 연마입자를 재활용하기 위해, 연마 후 얻은 폐슬러리를 여과하여 실리카 파우더를 추출하여 실험을 진행하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 실리카 연마 입자의 기계적 강도를 증가시키기 위해 열처리 한 후 CMP 특성을 비교 고찰하였다.

2. 실험

본 실험에서 주요하게 사용된 슬러리는 KOH-based 실리카 슬러리였으며, 공정 조건으로는 표 1과 같이 장비의 DOE (design of experiment)[6]에 의해 설정된 조건을 이용하여 CMP 공정을 수행하였다. 또한, 90 ml/min.의 슬러리 유속으로 웨이퍼 3장을 연마하고 난 후, 3분 동안 150 ml/min.의 유속으로 탈이온수 (DIW ; de-ionized water)를 공급하면서 패드 컨디셔닝 (pad-conditioning)을 하였으며, 이와 같은 공정을 반복하여 재활용 슬러리를 수집하여 실험하였다. 그리고, 실리카 연마입자의 재활용 가능성을 비교 고찰하기 위한 실리카 연마 입자의 제조 방법은 다음과 같다. 먼저 연마하고 나서 얻은 폐슬러리를 다시 필터링한 후 건조시킨 연마 입자와 이러한 연마 입자를 다시 600℃의 전기로에서 1시간동안 열처리하여 얻은 연마 입자를 각각 원액의 슬러리에 1 wt%, 2 wt%, 3 wt%씩 첨가하여 실험하였다.

표 1. CMP 장비의 DOE 조건.

Table 1. DOE conditions of CMP equipment.

Table speed	40 rpm
Head speed	60 rpm
Down force	300 g/cm ²
Slurry flow rate	90 ml/min
Polishing time	90 sec

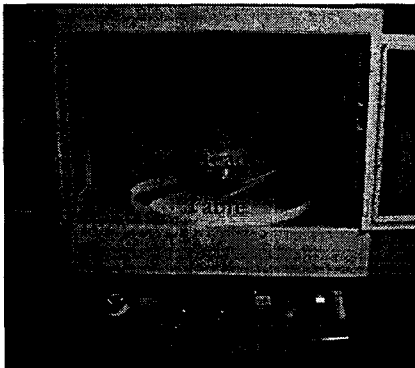


그림 1. G&P Technology사의 POLI-380 CMP 장치.
Fig. 1. POLI-380 CMP equipment of G&P Technology company.

CMP 연마 장치는 그림 1의 G&P Technology사의 POLI-380을 사용하였다. 연마 패드는 Rodel사의 IC 1300과 Suba IV를 접착시킨 이중 연마 패드를 사용하였다. 헤드는 4인치 웨이퍼를 장착할 수 있는 구조로써, 공압은 5 kg/cm² 이상으로 항상 유지하였고, 맥동식 펌프가 장착되어 있는 슬러리 공급장치를 사용하였다. 웨이퍼는 1200 ℃의 전기로에서 6시간 동안 산화막을 증착시킨 4" 블랭킷 (blanket) 웨이퍼를 사용하였다. 연마제 첨가시 연마 입자의 분산을 돕기 위해 Sonic Tech.사의 초음파 분산기를 이용하였으며, 혼합된 슬러리의 aging 현상 및 침전을 방지하기 위해 연마전 교반기를 사용하여 충분히 교반시켜 주었다. Post-CMP 세정공정으로 먼저 2분간 SC-1 케미컬에서, 1분간 DHF 용액에서 세정한 후, 4분동안 초음파 세척기를 이용하여 클리닝하였다. 또한, 두께 측정을 위해 J. A. Woollam사의 Spectroscopic Ellipsometer를 사용하여 중심부에서부터 바깥 부분까지 시계방향으로 9점을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2은 원액의 슬러리와 재활용된 슬러리를 사용하여 CMP 한 후, 연마 제거율을 측정하여 나타낸 것이다. CMP 공정을 거치기 전 시료에 대해 두께를 측정한 결과 대략 5400 Å이었으며, 90초의 공정 시간을 두어 연마한 결과, 연마 제거율은 원액의 경우 1500 Å 이었고, 재활용된 슬러리를 사용한 결과 1100 Å 정도였다. 재활용된 슬러리가 원액의 경우 보다 400 Å 정도 낮은 연마 제거율을 나타내었지만, 비균일도 측면에서 비슷한 양상을 보여 재활용 가능성이 충분함을 보여 주었다.

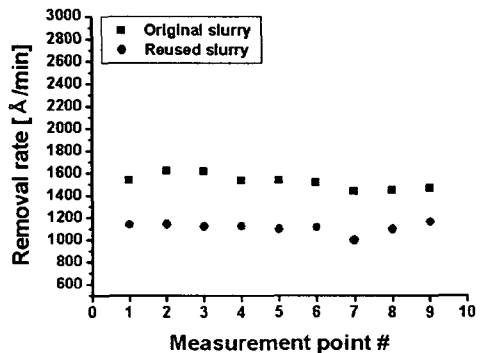


그림 2. 재활용 슬러리에 대한 연마 제거율 특성.
Fig. 2. Removal rate as a function of reused slurry.

그림 3은 연마 입자의 재활용을 위해 연마 후 수집된 폐슬러리를 다시 필터링하고 나서 건조시켜 얻은 연마 입자를 원액의 슬러리에 각각 1 wt%, 2 wt%, 3 wt%씩 첨가하여 연마 제거율을 측정하는 것이다. 각각 연마 제거율은 1 wt%를 첨가한 경우 860 Å, 2 wt%를 첨가한 경우 760 Å, 3 wt%를 첨가한 경우 610 Å 정도의 낮은 연마 제거율을 나타냈다.

그림 4는 폐슬러리를 필터링하고 나서 다시 열처리한 실리카 입자를 원액의 슬러리에 각각 1 wt%, 2 wt%, 3 wt%씩 첨가하여 연마 제거율을 측정하여 나타낸 것이다. 연마 입자를 1 wt%를 첨가한 경우 600 Å 정도의 낮은 연마 제거율과 10%를 상회하는 비균일도를 보였지만, 3 wt%를 첨가한 경우 1600 Å 정도의 연마 제거율과 7%를 상회하는 비균일도를 보였고, 2 wt%를 첨가한 경우 1700 Å 정도의 높은 연마 제거율과 약 5% 정도의 비균일도 보였다. 따라서, 필터링 후 열처리한 실리카 입자를 2 wt%를 첨가했을 때 가장 안정된 결과를 보였다.

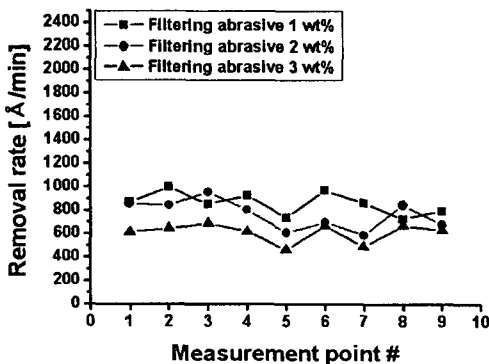


그림 3. 필터링한 연마 입자에 대한 연마 제거율 특성.

Fig. 3. Removal rate as a function of filtering abrasive.

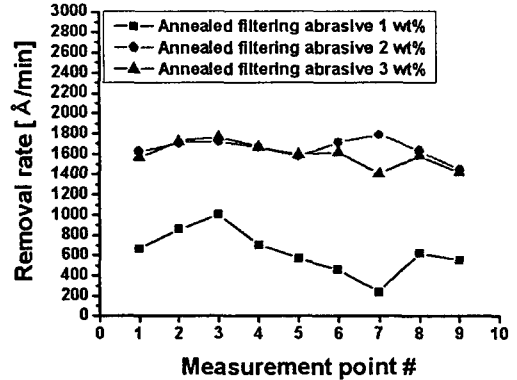


그림 4. 필터링한 후 열처리한 연마 입자의 연마 제거율 특성.

Fig. 4. Removal rate as a function of annealed filtering abrasive.

4. 결론

본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같다. 재활용 슬러리를 이용하여 CMP 한 결과 원액에 비해 낮은 연마 제거율을 나타냈으나, 비균일도 측면에서 비교적 안정된 결과를 나타내어 재활용 가능성을 제시하였다. 더 나아가 연마 입자를 재활용하기 위해 재활용 슬러리를 필터링하여 열처리한 연마 입자를 연마제로 첨가하여 실험한 결과, 그냥 필터링만 거친 연마 입자를 연마제로 첨가한 슬러리보다 더 우수한 연마 특성을 나타내었다. 이는 열처리 후 분쇄된 연마입자들의 분산효과가 더 향상되어 연마 입자들이 서로 응고되지 않았기 때문이며, 또한 열처리로 인해 기계적 강도도 향상되었음을 알 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로, 고가인 슬러리와 슬러리내에 함유되어 있는 연마 입자를 재활용함으로써 CMP 공정의 COC를 감소시킬 수 있을 것으로 생각되며, 향후 연마 입자에 의한 표면의 스크래치 현상에 대해 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2002년 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-041-D00235).

참고문헌

[1] S. Y. Jeong, Y. J. Seo, and S. Y. Kim,

제5회 일렉트렛트 및 응용기술 연구회

"Effect of system facility factors for hot spot reduction of inter-level dielectric (ILD) CMP process", ISEIM-2001, p. 95, 2001.

- [2] 서용진, 김상용, 김태형, 김창일, 이우선, 장의구, "CMP 공정에 기인하는 소자특성의 열화를 방지하기 위한 PMD 구조에 대한 연구", 전기전자재료학회 논문지, 12권, 2호, p. 111, 1999.
- [3] 정해도, "CMP 공정에 사용되는 연마 소모자재의 기술의 이해", 전기전자재료 학회지, 12권, 10호, p. 19. 1999.
- [4] 김상용, "Chemical Mechanical Polishing 공정 변수의 이해", 전기전자재료 학회지, 12권, 10호, p. 9, 1999.
- [5] H. J. Kim, D. H. Eom and J. G. Park, "Physical and Chemical Characterization of Reused Oxide Chemical Mechanical Planarization Slurry", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 40, p. 1236, 2001.
- [6] 이경진, 김상용, 서용진, "반경험적인 실험설계 (Design of Experiment) 기법을 이용한 CMP 공정 변수의 최적화", 전기전자재료학회 논문지, 15권, 11호, p. 939, 2002.