

CMP 페슬러리내의 필터링된 연마 입자 재활용에 관한 연구

김기욱, 서용진, 박성우, 정소영, 김철복*
대불대학교 전기전자공학과, 동성A&T*

A study on the recycle of reused slurry abrasives

Gi-Uk Kim, Yong-Jin Seo, Sung-Woo Park, So-Young Jeong, Chul-Bok Kim*

Dep. Electrical and Electronic Eng. Daebul Uni., Fab. New Material Division, Dong Sung A&T.*

Abstract

CMP (chemical mechanical polishing) process remained to solve several problems in deep sub-micron integrated circuit manufacturing process. especially consumables (polishing pad, backing film, slurry, pad conditioner), one of the most important components in the CMP system is the slurry. Among the composition of slurries (buffer solution, bulk solution, abrasive particle, oxidizer, inhibitor, suspension, antifoaming agent, dispersion agent), the abrasive particles are important in determining polish rate and planarization ability of a CMP process. However, the cost of abrasives is still very high.

So, in order to reduce the high COO (cost of ownership) and COC (cost of consumables) in this paper, we have collected the silica abrasive powders by filtering after subsequent CMP process for the purpose of abrasive particle recycling. And then, we have studied the possibility of recycle of reused silica abrasive through the analysis of particle size and hardness. Also, 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), Abrasive particles, COO (cost of ownership) COC (cost of consumables).

1. 서 론

CMP (chemical mechanical polishing) 공정은 집적회로의 다층배선구조를 실현하기 위해 IMD (inter-metal dielectric)층, PMD (pre-metal dielectric)층, ILD (inter-layer dielectric)층을 평탄화하는데 효과적으로 사용되고 있을 뿐만 아니라, 다양한 소자 제작 및 물질 등에도 광범위하게 응용되고 있다[1, 2]. 하지만 CMP 공정 기술이 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해서는 매우 효과적이지만 [2, 3], 제조 공정에 적용하기까지 다소 복잡해지고 해결해야 할 문제점들이 남아 있는데, 그 중에서도 CMP 공정 비용의 70 % 이상을 차지하는 소모자재 (연마패드, 슬러리, 탄성지시대, 패드 컨디셔너)의 제

조 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 요구된다. 그래서 슬러리의 재활용에 대한 연구가 활발이 진행되고 있는데, 산화막 CMP 공정시 연마제로 주로 사용되는 실리카(SiO₂) 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.

본 논문에서는, 실리카 연마입자를 재활용하기 위해 해 연마 후 얻은 페슬러리를 여과하여 실리카 파우

더를 추출 한 후 성분 분석과 입도 분석을 통해 그 가능성을 알아보았다. 또한, 이러한 결과를 바탕으로 실리카 연마 입자의 기계적 강도를 증가시키기 위해 열처리 한 후 CMP 특성을 비교 고찰하였다.

2. 실험

표 1. CMP 장비의 공정 조건.

Table 1. Process conditions of CMP equipment.

Table speed	60 rpm
Head speed	60 rpm
Down force	300 g/cm ²
Slurry flow rate	30 ml/min
Polishing time	90 sec
Post-CMP cleaning	SC-1 → DHF → Ultrasonic

본 실험에서 공정 조건으로는 표 1과 같이 장비의 DOE (design of experiment)에 의해 설정된 조건을 이용하여 CMP 공정을 수행하였으며, 각종 연마입자의 재활용 가능성을 비교 고찰하기 위해 KOH-based 실리카 슬러리를 사용하여, 다양한 방법으로 연마입자를 제조하였다. 원액 슬러리를 수용액 상태에서 건조시켜 얻은 실리카 연마입자, 연마 후 폐슬러리로부터 필터링하지 않은 실리카 연마입자, 1.25 μ m 이상의 파티클(Particle)을 제거 하기위해 필터링하여 얻은 실리카 연마입자, 필터링하여 얻은 실리카 연마입자를 600 $^{\circ}$ C의 전기로에서 1시간 열처리 한 연마입자를 각각 원액 슬러리에 1wt%, 2wt%, 3wt%로 배합하여 실험하였다.

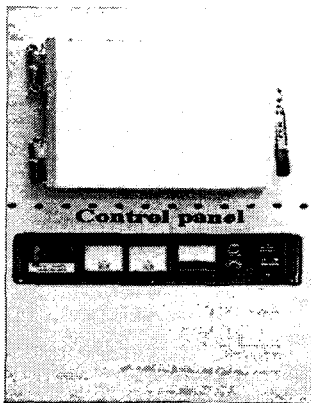


그림 1. HI-TXCH사의 전기로.

Fig. 1. Electric muffle furnace equipment of HI-TXCH company.

CMP 연마 장치는 G&P Technology사의 POLI-380을 사용하였다. 연마 패드는 Rodel사의 IC 1300과 Suba IV를 접착시킨 이중 연마 패드를 사용하였다. 웨이퍼는 HI-TXCH사의 전기로에서 1200 $^{\circ}$ C로 6시간 동안 산화막을 증착시킨 4인치 블랭킷(blanket) 웨이퍼를 사용하였다. 원액 슬러리에 첨가한 실리카 연마 입자의 분산을 돕기 위해 SONY사의 초음파 분산기를 이용하였으며, 혼합된 슬러리의 aging 현상 및 침전을 방지하기 위해 연마전 교반기를 사용하여 충분히 교반 시켜주었다. Post-CMP 세정공정으로 먼저 1분간 SC-1 케미컬에 2분간 DHF 용액에 세정한 후, 4분동안 초음파 세척기를 이용하여 클리닝하였다. 그리고 두께 측정을 위해 J. A. Woollam사의 Spectroscopic Ellipsometer를 사용하여 중심부에서부터 바깥 부분까지 시계방향으로 9 점을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

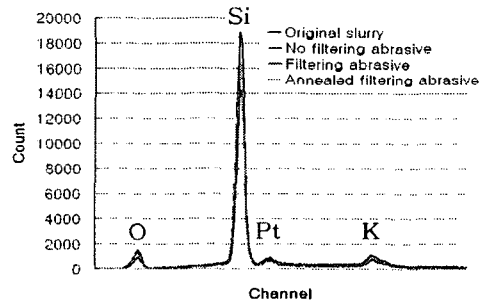


그림 2. 시료들의 성분 특성.

Fig. 2. Composition analysis of different slurry abrasive.

그림 2는 각각의 슬러리에서 추출한 연마 입자에 대한 성분 분석 결과를 보인 것이다. 필터링한 시료와 열처리한 시료들이 원액 슬러리에서 추출한 시료에 가까운 O의 함량과 특히 Si의 함량은 원액 슬러리보다 더 높은 함량을 보여 재활용 가능성을 충분히 나타내었다.

그림 3은 각각의 슬러리 연마입자를 파우더 처리한 후 입도 분석을 나타낸 것이다. 전체적으로 저장 용기 내에서의 건조, 저장, 운반 중에 발생하는 온도 변화 및 입자 응집등의 원인으로 기한 거대 입자가 생성되어 있으나, 필터링 후 열처리한 실리카 연마입자의 크기가 상대적으로 다른 시료들 보다 거대 입자 분산 효과가 커 가공영역의 입자(0.1~1 μ m) 이하의 입자들이 20%이상 많은 분포를 보여주고 있다.

그림 4는 원액 슬러리에 추출한 연마입자를 각각 1wt%, 2wt%, 3wt% 첨가하여 연마율을 측정함으로써 측정 위치에 따라 전체적으로 1,500 ~ 2,000 Å의 연마율을 나타내고 있다.

그림 5는 페슬러리에서 추출한 연마 입자를 각각 1wt%, 2wt%, 3wt% 첨가하여 연마율을 측정하는 것이다. 1wt%를 첨가한 경우 1,600 Å 정도의 낮은 연마율을 보였으나 반면 3wt%에서는 2,000 Å 정도의 보다 높은 연마율을 보였다.

그림 6은 페슬러리를 필터링 후 추출한 연마 입자를 각각 1~3wt% 첨가하여 연마율을 측정하는 것이다. 1wt%를 첨가한 경우 1,400 Å 정도의 연마율을 보였고, 2wt%와 3wt%를 첨가한 경우 약 2,000 Å 정도의 연마율을 보였다.

그림 7은 페슬러리를 필터링 후 추출한 연마 입자를 열처리한 실리카 입자를 각각 1wt%, 2wt%,

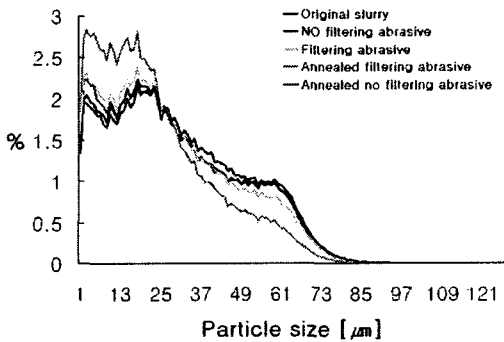


그림 3. 시료들의 입도분석.

Fig. 3. Particle size analysis of each sample.

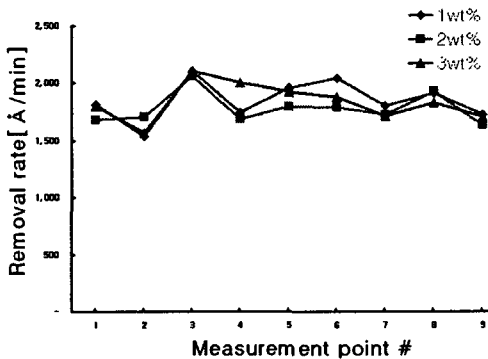


그림 4. 원액 슬러리 연마제로 희석한 슬러리에 대한 연마율 특성.

Fig. 4. Removal rate as a function of Original slurry abrasive diluted slurry.

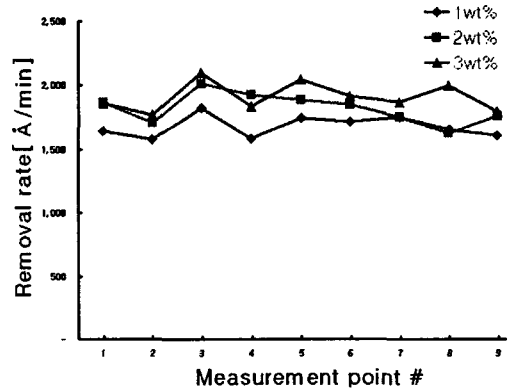


그림 5. 페슬러리 연마제로 희석한 슬러리에 대한 연마율 특성.

Fig. 5. Removal rate as a function of used abrasive diluted slurry.

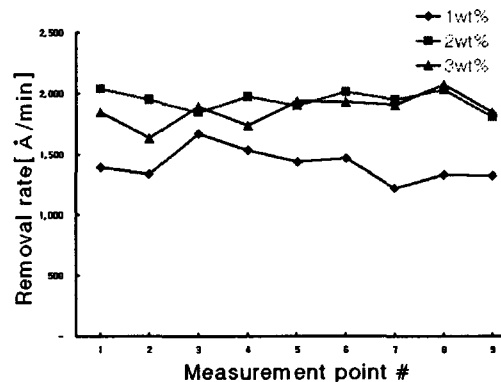


그림 6. 필터링한 연마제로 희석한 슬러리에 대한 연마율 특성.

Fig. 6. Removal rate as a function of filtering abrasive diluted slurry.

3wt% 첨가하여 연마율을 측정하여 나타낸 것이다. 연마 입자를 1wt%를 첨가한 경우 2,000 Å 정도의 연마율과 3%의 비균일도를 보였고, 2wt%를 첨가한 경우 1,800 Å 정도의 연마율과 3%의 비균일도를 보였지만, 3wt%를 첨가한 경우 2,200 Å 정도의 높은 연마율과 약 3% 정도의 비균일도 보였다. 따라서, 3wt%를 첨가한 경우 가장 안정된 결과 보였다.

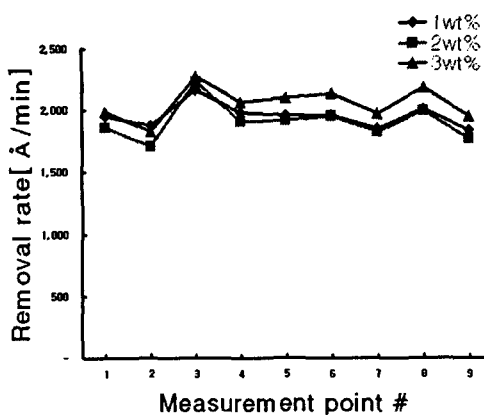


그림 7. 열처리한 연마제로 희석한 슬러리에 대한 연마율 특성.

Fig. 7. Removal rate as a function of annealed filtering abrasive diluted slurry.

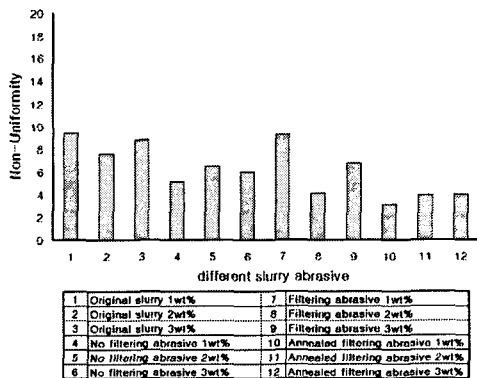


그림 8. 각각의 시료들의 비균일도 특성.

Fig. 8. Non-Uniformity rate as a function of different slurry abrasive.

그림 8은 각각의 시료들에 대한 비균일도를 나타낸 것이다. 다른 슬러리 입자들에 비해 필터링 후 열처리한 입자들이 3~4 정도의 좋은 비균일도 특성을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 페슬러리의 연마 입자를 필터링 후 열처리하여 연마를 했을 때, 다른 조건의 연마 입자를 연마제로 첨가한 슬러리보다 더 우수한 연마 특성을 나타내었음을 알 수 있었다. 이는 열처리 후 분쇄된 연마입자들의 분산효과가 더 향상되어 연마 입

자들이 서로 응고되지 않고 분산되었기 때문이며, 또한 열처리로 인해 기계적 강도도 향상되었음을 알 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로, 두껍고 거친 표면에 대해서는 페슬러리에 추출한 연마입자를 열처리한 후 슬러리 원액에 3wt%로 첨가하여 1차적으로 연마하고, 미세 패턴을 갖는 정밀한 연마 공정에 대해서는 원액의 슬러리를 이용하여 2차적으로 연마하면 다소 공정이 복잡해지지만, 상대적으로 고가의 슬러리 소비량을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] Y. J. Seo, S. W. Park, S. Y. Jeong, W. S. Choi, and S. Y. Kim, Proceedings of Chemical Mechanical Planarization for ULSI Multilevel Interconnection Conference (CMP-MIC-2001), Santa Clara, CA. USA. (Mar. 5 - 9, 2001). pp. 287-290.
- [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] 박창준, 김상용, 서용진, "실리카 슬러리의 희석과 연마제의 첨가가 CMP 특성에 미치는 영향", 전기전자재료학회 논문지, 15권 10호, p.851, 2002.
- [4] 김상용, "Chemical Mechanical Polishing 공정 변수의 이해", 전기전자재료 학회지, Vol. 12, No. 10, 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, pp. 1236-1239, 2001.