

## 산화막 CMP 슬러리의 연마 입자 재활용에 관한 연구

박성우<sup>1)</sup>, 서용진<sup>1)</sup>, 김기욱<sup>1)</sup>, 최운식<sup>1)</sup>, 김철복<sup>2)</sup>, 김상용<sup>3)</sup>, 이우선<sup>4)</sup>

대불대학교 전기전자공학과<sup>1)</sup>, 동성A&T<sup>2)</sup>, 동부아남반도체 FAB사업부<sup>3)</sup>, 조선대학교 전기공학부<sup>4)</sup>

### A Study on Recycle of Abrasive Particles in One-used Chemical Mechanical Polishing (CMP) Slurry

Sung-Woo Park<sup>1)</sup>, Yong-Jin Seo<sup>1)</sup>, Gi-Uk Kim<sup>1)</sup>, Woon-Sik Choi<sup>1)</sup>, Chul-Bok Kim<sup>2)</sup>, Sang-Yong Kim<sup>3)</sup>, Woo-Sun Lee<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Electrical and Electronic Engineering, Daebul University, KOREA

<sup>2)</sup> New Material Division, Dong Sung A&T, Kyunggi-do, 435-030, KOREA

<sup>3)</sup> Fab. Division, Dongbuanam Semiconductor Co., Inc., KOREA

<sup>4)</sup> Department of Electrical Engineering, Chosun University, KOREA

#### Abstract

Recently, the recycle of CMP (chemical mechanical polishing) slurries have been positively considered in order to reduce the high COO (cost of ownership) and COC (cost of consumables) in CMP process. Among the composition of slurries (buffer solution, bulk solution, abrasive particle, oxidizer, inhibitor, suspension, antifoaming agent, dispersion agent), the abrasive particles are one of the most important components. Especially, the abrasive particles of slurry are needed in order to achieve a good removal rate. However, the cost of abrasives is still very high.

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), COO (cost of ownership) COC (cost of consumables) Abrasive particles

#### 1. 서론

CMP (chemical mechanical polishing) 기술은 반도체 웨이퍼의 표면 연마를 위해 적용된 후, 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. 이처럼 CMP 공정 기술이 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해서는 매우 효과적이지만[2, 3], 광범위하게 사용되는 CMP 장비와 소모자재 (연마패드, 탄성 지지대, 슬러리, 패

드 컨디셔너)는 CMP 공정 비용의 70 % 이상을 차지하는 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, 실리카 연마입자를 재활용하기 위해 연마 후 얻은 폐슬러리를 여과하여 실리카 파우더를 추출 한 후 성분 분석과 입도 분석을 통해 가능성을 알아보았다. 이러한 결과를 바탕으로 실리카 연마 입자의 기계적 강도를 증가시키기 위해 열처리 한 후 CMP 특성을 비교 고찰하였다.

## 2. 실험

본 실험에서 공정 조건으로는 표 1과 같이 장비 조건을 이용하여 CMP 공정을 수행하였으며, 본 실험에서 가장 중요한 부분을 차지하는 슬러리는 KOH-based 실리카 슬러리였다. 각종 실리카 연마입자의 재활용 가능성을 비교고찰하기 위해 다음과 같이 다양한 방법으로 실리카 연마입자를 제조하였다. 필터링 전후의 연마 원액 슬러리로부터 얻은 실리카 연마 입자, 원액 슬러리를 수용액 상태에서 건조시켜 얻은 실리카 연마입자, 필터링하지 않은 실리카 연마입자, 필터링하여 얻은 실리카 연마입자, 필터링하여 얻은 실리카 연마입자를 600℃의 전기로에서 1시간 열처리 한 연마입자를 각각 원액 슬러리에 1wt%, 2wt%, 3wt%로 배합하여 실험하였다. CMP 연마 장치는 그림 1의 G&P Technology사의 POLI-380을 사용하였다. 연마 패드는 Rodel사의 IC 1300과 Suba IV를 접착시킨 이중 연마 패드를 사용하였다. 웨이퍼는 1200 ℃의 전기로에서 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 케미칼에 2분간 DHF 용액에 세정한 후, 4분동안 초음파 세척기를 이용하여 클리닝하였다. 그리고 두께 측

정을 위해 J. A. Woollam사의 Spectroscopic Ellipsometer를 사용하여 중심부에서부터 바깥 부분까지 시계방향으로 9점을 측정하였다.

표 1. CMP 장비의 공정조건.

Table 1. Process conditions of CMP equipment

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Table speed       | 60 rpm                  |
| Head speed        | 60 rpm                  |
| Polisher pressure | 300 g/cm <sup>2</sup>   |
| Pad width         | 16 inch                 |
| Pad               | IC 1300 / Suba IV       |
| Time              | 90 sec                  |
| Post-CMP cleaning | SC-1 → DHF → Ultrasonic |

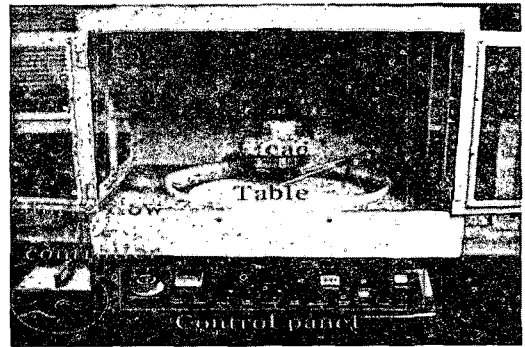


그림 1. G&P Technology사의 POLI380 CMP 장치.

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

## 3. 결과 및 고찰

그림 3은 각각의 슬러리에서 추출한 연마 입자에 대한 성분 분석 결과를 보인 것이다. 필터링한 시료와 열처리한 시료들이 원액 슬러리에서 추출한 시료에 가까운 Si와 O의 함량을 보여 재활용 가능성을 충분히 나타내었다.

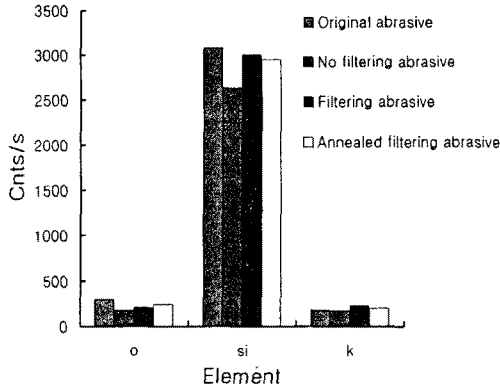


그림 3. 시료들의 성분 특성.

Fig. 3. Composition analysis of different slurry abrasive.

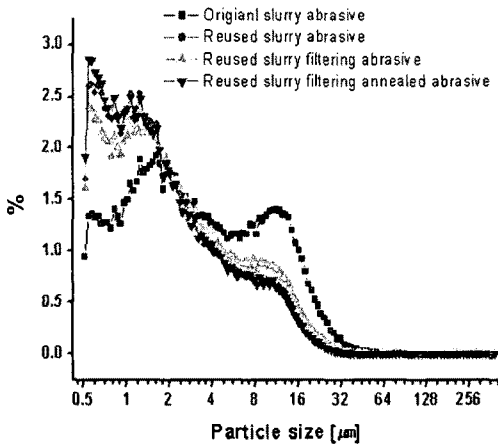


그림 4. 시료들의 입도분석.

Fig. 4. Particle size analysis of each sample.

그림 4는 각각의 슬러리 연마입자를 파우더 처리한 후 입도 분석을 한 결과이다.

그림 5는 폐슬러리를 필터링한 연마 입자를 각각 1wt%, 2wt%, 3wt% 첨가하여 연마율을 측정하는 것이다. 3wt%를 첨가한 경우 600 Å 정도의 낮은 연마율을 보였으나 반면 1wt%에서는 800 Å 정도의 높은 연마율을 보였다.

그림 6은 폐슬러리를 필터링하여 열처리한 실리카 입자를 각각 1wt%, 2wt%, 3wt% 첨가하여 연마율을 측정하여 나타낸 것이다. 연마 입자를 1wt%를 첨가한 경우 600 Å 정도의 낮은 연마율과

10%를 상회하는 비균일도를 보였지만, 3wt%를 첨가한 경우 1600 Å 정도의 연마율과 7%를 상회하는 비균일도를 보였고, 2wt%를 첨가한 경우 1700 Å 정도의 높은 연마율과 약 5% 정도의 비균일도 보였다. 따라서, 필터링 후 열처리한 실리카 입자를 2wt%를 첨가했을 때 가장 안정된 결과를 보였다.

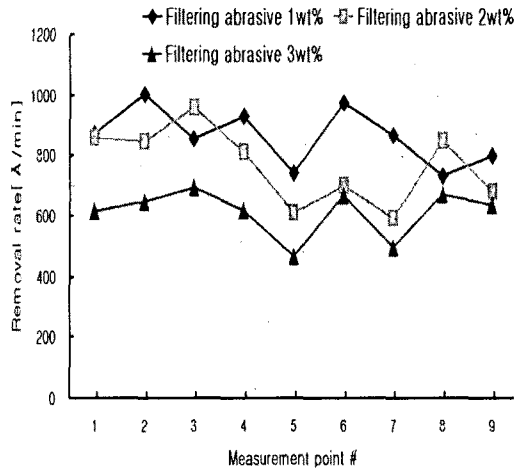


그림 5. Filtering한 연마제로 희석한 슬러리에 대한 연마율 특성.

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

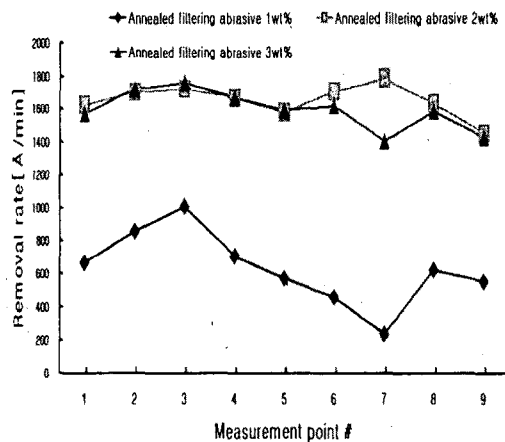


그림 6. 열처리한 연마제로 희석한 슬러리에 대한 연마율 특성.

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

#### 4. 결 론

재활용 슬러리를 필터링하여 열처리된 연마 입자를 연마제로 첨가했을 때, 다른 재활용 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, 두껍고 거친 표면에 대해서는 폐슬러리에 추출한 연마입자를 열처리 한 후 슬러리 원액에 2~3wt%로 첨가하여 1 차적으로 연마하고, 미세 패턴을 갖는 정밀한 연마 공정에 대해서는 원액의 슬러리를 이용하여 2 차적으로 연마하면 다소 공정이 복잡해지지만, 상대적으로 고가의 슬러리 소비량을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

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

#### 참고문헌

- [1] S. Y. Jeong, Y. J. Seo, and S. Y. Kim, "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, Vol. 12, No. 2, p. 111, 1999.
- [3] 정해도, "CMP 공정에 사용되는 연마 소모자재의 기술의 이해", 전기전자재료 학회지, Vol. 12, No. 10, p. 19, 1999.
- [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.