

재활용 슬러리를 사용한 2단계 CMP 특성

이경진, 서용진, 최운식, 김기욱, 김상용*, 이우선**

대불대학교 나노정보소재연구소, 아남반도체*, 조선대학교 전기공학과**

Characteristics of 2-Step CMP (Chemical Mechanical Polishing) Process using Reused Slurry

Kyoung-Jin Lee, Yong-Jin Seo, Woon-Shik Choi, Ki-Wook Kim, Sang-Yong Kim*, Woo-Sun Lee**

Nano-Information Materials & Devices Lab. DAEBUL University, ANAM Semiconductor*, Chosun Univ**.

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. The post-CMP thickness and within-wafer non-uniformity(WIWNU) were measured as a function of different slurry composition. As a experimental result, the performance of reused slurry with annealed silica abrasive of 2 wt% contents was showed high removal rate and low non-uniformity. Therefore, we propose two-step CMP process as follows ; In the first-step CMP, we can polish the thick and rough film surface using remaked slurry, and then, in the second-step CMP, we can polish the thin film and fine pattern using original slurry. In summary, we can expect the saving of high costs of slurry.

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

1. 서 론

CMP (chemical mechanical polishing) 기술은 반도체 제조 공정의 집적도가 증가함에 따라 의존도 또한 높아져 ILD (inter-level 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[3]. 그러나, 현재 광범위하게 사용되는 CMP 장비와 소모자재 (consumable)는 반도체 제조 공정에서 단가를 높이는 주요한 요인이 되고 있다. 특히, CMP와 관련하여 COC (cost of consumable)의 약

50% 정도가 슬러리에 해당된다[4]. 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.

따라서 본 논문에서는 슬러리의 재활용에 대한 가능성을 조사하기 위해 산화막 CMP 슬러리를 사용하여 그 특성을 알아보고, 재활용된 슬러리를 사용하여 원액과 희석[5]시킨 후, 자체 제작한 연마제를 첨가하여 슬러리의 향상된 결과를 얻기 위해 노력하였다. 이러한 결과를 바탕으로 1단계에서 재활용된 슬러리를 이용하여 두껍고 거친 표면을 1차 연마하고, 2단계로 원액의 슬러리를 사용하여 2차 CMP를 함으로써 고가의 슬러리에 대한 소비량을 줄일 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서 주요하게 사용된 슬러리는 KOH-based 실리카 슬러리였다. 공정 조건으로는 표 1과 같이 장비의 DOE (design of experiment) [6]에 의해 설정된 조건을 이용하여 CMP 공정을 수행하였다. 여기서 얻어진 슬러리를 재활용하여 사용하였다. 또한 슬러리의 소비량을 줄이기 위해 원액과 재활용 슬러리를 각각 5 : 5 와 3 : 7로 섞어 주었고, 각각의 슬러리는 적정 수준의 pH를 회복시키기 위한 완충제 (buffer solution)로써 KOH를 첨가하였다. 연마제로서는 SiO₂ 분말과 열처리한 SiO₂ 분말을 각각 첨가하여 post-CMP 두께와 비균일도 (non-uniformity)를 고찰하였다.

표 1. CMP 장비의 DOE 조건.

Table 1. DOE conditions of CMP equipment.

테이블 속도	40 rpm
헤드 속도	60 rpm
연마 압력	300 g/cm ²
슬러리 유속	90 ml/min
연마 시간	90 sec

CMP 연마 장치는 그림 1의 G&P Technology사의 POLI380을 사용하였다. 연마 패드는 Rodel사의 IC 1300과 Suba IV를 접착시킨 이중 연마 패드를 사용하였다. 헤드는 4인치 웨이퍼를 장착할 수 있는 구조로써, main 공압은 5 kg/cm² 이상으로 유지하였고, 맥동식 펌프가 장착되어 있는 슬러리 공급장치를 사용하였다. 웨이퍼는 1200 °C의 전기로에서 6시간 동안 산화막을 증착시킨 4인치 블랭킷 (blanket) 웨이퍼를 사용하였다. 원액과 재활용 슬러리의 희석과 연마제 첨가시 연마 입자의 분산을 돕기 위해 SONY사의 초음파 분산기를 이용하였으며, 혼합된 슬러리의 aging 현상 및 침전을 방지하기 위해 연마전 교반기를 사용하여 충분히 교반시켜주었다. post-CMP 세정공정으로 먼저 2분간 SC-1 케미컬에 1분간 DHF 용액에 세정한 후, 4분 동안 초음파 세척기를 이용하여 클리닝하였다. 그리고 두께 측정을 위해 알파스텝 (alpha step)을 사용하여 그림 2와 같이 중심부분에서부터 바깥부분까지 시계방향으로 9점을 측정하였다.

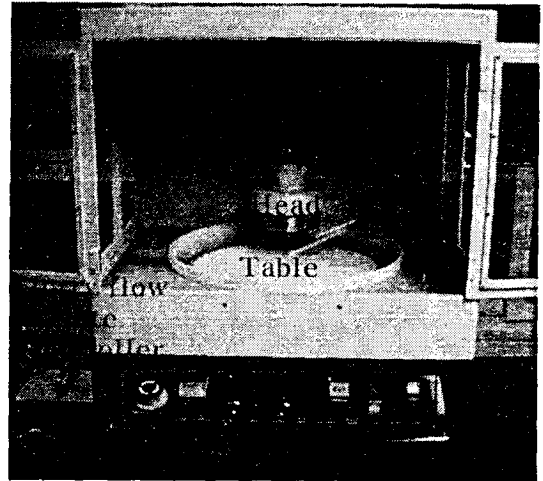


그림 1. G&P Technology사의 POLI380 CMP 장치
Fig. 1. POLI380 CMP equipment of G&P Technology company.

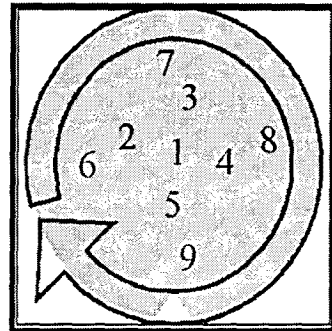


그림 2. 9점 측정 방법.
Fig. 2. Method of 9 point measurement.

3. 결과 및 고찰

원액의 슬러리와 재활용된 슬러리를 사용하여 CMP 한 후 시료의 두께를 측정하여 그림 3에 나타내었다. 또한, 비교를 위해 CMP 공정을 거치지 않은 시료에 대해 두께를 측정한 결과 대략 5400 Å 이었다. 90초의 공정 시간을 두어 연마한 결과, post-CMP 두께는 원액의 경우 3180 Å 이었고, 재활용된 슬러리를 사용한 결과 3800 Å 정도였다. 재활용된 슬러리가 원액의 경우 보다 600 Å 정도 작은 post-CMP 두께를 나타내었으나, 비균일도 측면에서 비슷한 양상을 보여 재활용 가능성이 충분함을 보여 주었다.

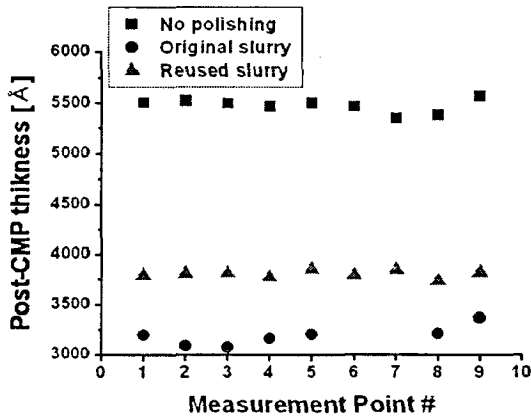


그림 3. 재활용 슬러리에 대한 post-CMP의 두께 특성.

Fig. 3. Post-CMP thickness as a function of reused slurry.

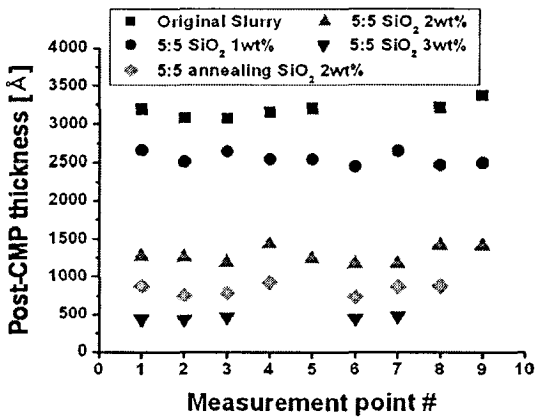


그림 4. 5 : 5로 섞은 슬러리에 연마제를 첨가한 경우의 post-CMP 두께 특성.

Fig. 4. Post-CMP thickness as a function of abrasive adding of different content in the 5 : 5 mixed silica slurry.

그림 4는 원액의 슬러리와 재활용 슬러리를 5 : 5로 섞은 슬러리에 대해 연마제로 SiO₂ 분말을 첨가하여 post-CMP 두께를 측정하여 나타낸 것이다. 각각의 시료에 대해 90초의 공정 시간을 두어 연마한 결과, 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가한 경우와 SiO₂를 3 wt% 첨가한 경우에서 post-CMP 두께가 각각 830 Å과 450 Å으로 매우 높은 연마율을 보였다.

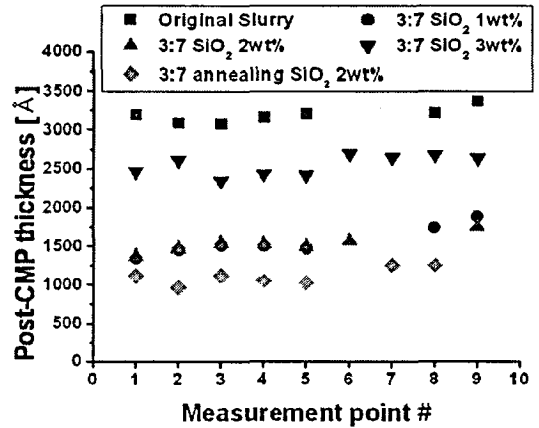
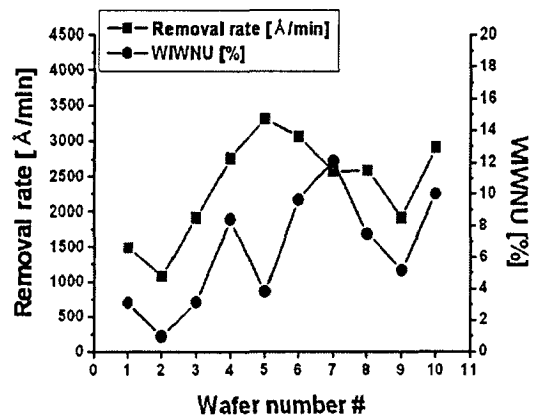


그림 5. 3 : 7로 섞은 슬러리에 연마제를 첨가한 경우의 post-CMP 두께 특성.

Fig. 5. Post-CMP thickness as a function of abrasive adding of different content in the 3 : 7 mixed silica slurry.

3 : 7로 원액과 재활용 슬러리를 섞은 경우에 대해 post-CMP 두께를 측정하여 그림 5에 나타내었다. 90초의 공정 시간을 두어 연마한 결과, 5 : 5로 희석된 경우와 마찬가지로 3 : 7로 희석된 경우에서도 post-CMP 두께는 열처리된 SiO₂를 2 wt% 첨가한 경우에서 1100 Å으로 월등하였으나, SiO₂를 1 wt%와 2 wt%를 첨가한 경우에는 1500 Å 정도의 비슷한 결과를 나타내었다.



(a) 각 시료의 연마율과 비균일도 특성.

(a) Relation of removal rate and non-uniformity as a function of each sample.

Wafer No.	Slurry composition
1	Original slurry
2	Reused slurry
3	5 : 5, SiO ₂ 1 wt% 첨가
4	5 : 5, SiO ₂ 2 wt% 첨가
5	5 : 5, SiO ₂ 3 wt% 첨가
6	5 : 5, 1100°C-annealed SiO ₂ 2 wt% 첨가
7	3 : 7, SiO ₂ 1 wt% 첨가
8	3 : 7, SiO ₂ 2 wt% 첨가
9	3 : 7, SiO ₂ 3 wt% 첨가
10	3 : 7, 1100°C-annealed SiO ₂ 2 wt% 첨가

- (b) 슬러리 조성에 따른 웨이퍼 종류.
 (b) Kinds of wafer as a function of slurry composition.

그림 6. 슬러리 조성에 따른 연마율과 비균일도 특성

Fig. 6. Relation of removal rate and non-uniformity as a function of slurry composition.

그림 6은 각각의 슬러리 조성에 따른 연마 제거율과 비균일도 특성을 나타낸 것이다. 열처리되지 않은 SiO₂를 첨가한 경우에도 비교적 연마 제거율은 증가하였으나, 각각의 회석된 슬러리에 열처리된 SiO₂ 분말을 첨가하여 연마한 경우에 3000 Å 정도의 높은 연마 제거율을 얻을 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같다. 열처리된 SiO₂를 연마제로 첨가했을 때, 재활용된 슬러리에 소모되었던 연마제가 충분히 보상되어 높은 연마 제거율을 나타냄을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로, 두껍고 거친 표면에 대해서는 재활용된 슬러리와 원액의 비율 5 : 5나 3 : 7로 섞어 회석하고 여기에 열처리된 SiO₂를 2 wt% 정도 첨가하여 1 차적으로 연마하고, 미세 패턴을 갖는 정밀한 연마 공정에 대해서는 원액의 슬러리를 이용하

여 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-D00011).

참고 문헌

- [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] 김상용, 서용진, 김태형, 이우선, 김창일, 장의구, "Chemical Mechanical Polishing (CMP) 공정을 이용한 Multilevel Metal 구조의 광역 평탄화에 관한 연구", 전기전자재료학회 논문지, Vol. 11, No. 12, pp. 1084-1090, 1998.
- [4] 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.
- [5] 박창준, 김상용, 서용진, "실리카 슬러리의 회석과 연마제의 첨가가 CMP 특성에 미치는 영향", 전기전자재료학회 논문지, Vol. 15, No. 10, 2002.
- [6] 이경진, 김상용, 서용진, 반경협적인 실험설계 (Design of Experiment) 기법을 이용한 CMP 공정 변수의 최적화, 전기전자재료학회 논문지, Vol. 15, No. 11, 2002.