

알루미나 연마제가 첨가된 실리카 슬러리의 CMP 특성

박창준, 서용진, 최운식, 김철복*, 김상용**, 이우선***

대불대학교 나노정보소재연구소, 동성 A&T*, 아남 반도체**, 조선대학교***

CMP Characteristics of Silica Slurry by Adding of Alumina Abrasive

Chang-Jun Park, Yong-Jin Seo, Woon-Shik Choi, Chul-Bok Kim*, Sang-Yong Kim**, Woo-Sun Lee***

NIMDL of DAEBUL University, DONGSUNG A&T*, ANAM Semiconductor**, CHOSUN University***

Abstract

In this paper, We have studied the CMP (chemical mechanical polishing) characteristics of diluted slurry by adding of raw alumina abrasive and annealed alumina abrasive. As a experimental results, we obtained the comparable slurry characteristics compared with original silica slurry in the view point of high removal rate and low non-uniformity. Therefore, we can reduce the cost of consumables(COC) of CMP process for ULSI applications.

Key Words : CMP (chemical mechanical polishing), slurry, abrasive, COC (cost of consumables)

1. 서 론

CMP (chemical mechanical polishing)는 차세대 초고집적회로의 3차원 다층 배선구조를 위한 ILD, IMD, PMD층의 평탄화 기술로 현재 많은 연구가 진행되어 ULSI 제조공정 중 핵심공정으로 자리매김하고있다[1].

그러나, CMP 공정은 micro scratch와 면내 균일성 등, 아직 극복해야 할 과제가 많다. 한편, 차세대 배선재료의 도입으로 Cu 시대를 맞이하여, 연마할 대상은 더욱 다양해지는 경향에 있으며, 공정 개발의 부담은 더욱 더 커지고 있는 현실이다. 이러한 관점에서 앞으로는 안정된 CMP 공정의 실현을 위하여, 불안정 요인의 규명을 위해, 슬러리나 패드 기술의 신속하고 유연한 개발 체제도 중요하게 될 것이다.[3, 4] 또한, CMP 공정을 수행하기 위하여 두 층간의 다른 기계적 요소와 화학적 요소 때문에 두 층간의 연마 선택비[5]가 다르기 때문에 두 층 사이의 높은 연마 선택비(selectivity)를 가지는 슬러리를 개발하여야 하며 CMP 공정

이후에 표면의 micro-scratch와 오염원들, 각종 불순물 입자들과 같은 결함들을 최소화하는 것도 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 연마율과 비균일도의 특성이 우수한 슬러리에 대한 특성을 알아보기 위하여 탈이온수로 희석한 실리카 슬러리에 알루미나 연마제와 열처리한 알루미나 연마제를 각각 첨가하여 산화막에 대한 CMP 특성을 알아보았다.

2. 실험

실험은 크게 두 가지로 나누어 진행되었다. 첫째는 희석된 실리카 슬러리에 알루미나 연마제를 첨가하여 CMP 특성을 알아보았고, 두 번째는 희석시킨 실리카 슬러리에 열처리한 알루미나 연마제를 첨가하여서 CMP 특성을 비교하였다.

희석을 위해 슬러리는 A사의 슬러리를 사용하였고, Millpore MILLI-Q를 통해 제조되는 탈이온수를 이용하여 슬러리를 1:10으로 희석시켰으며 감소한 pH 값을 회복시키기 위한 완충제로 KOH를

첨가하여서 pH 값을 회복하였다. 여기에 연마제로 알루미늄 분말과 열처리한 알루미늄 분말을 첨가하여 CMP 연마율(removal rate) 및 비균일도(non-uniformity)를 고찰해 보았다. 시료 준비를 위해 4인치 블랑켓(blanket) 실리콘 웨이퍼를 1200℃에서 6시간 동안 전기로에서 산화시켰으며 산화막 두께는 6500 Å 이었으며, 각각 1100℃와 1500℃에서 2시간 동안 열처리한 알루미늄 분말을 사용하였다. CMP 장비는 G & P Technology의 POLI-380을 사용하였고, 연마패드는 Redel사의 IC-1300과 Suba IV 패드를 PSA-II로 접착시킨 이중 패드를 사용하였다.

표 1. CMP 장비의 DOE 조건

Table 1. DOE conditions of CMP equipment

Table Speed	60 rpm
Head Speed	60 rpm
Polisher Pressure	300 g/cm ² (4.2 psi)
Pad Width	16 inch
Pad	IC 1300 + Suba IV
Time	90 sec
Post-CMP Cleaning	SC-1 → DHF → Utrasonic

표 1은 본 CMP 공정에 적용된 공정변수를 요약한 것이다. 테이블과 헤드의 회전속도는 60 rpm으로 동일하게 셋팅하였고, 헤드압력은 300 g/cm²로 고정하였다. 연마시간도 모두 동일하게 90초로 고정시키고 실험하였다.

슬러리의 회석과 연마제 첨가시 연마 입자가 용액 중에 고르게 퍼지도록 하기 위해서 SONY사의 초음파 분산기를 이용하였으며, 혼합된 슬러리의 aging 현상 및 침전을 방지하기 위해서 연마하기 전에 교반기를 이용하여서 충분히 교반시켜주었고, CMP 후의 세정공정은 NH₄OH : H₂O₂ : H₂O = 1 : 2 : 7의 비율로 섞은 SC-1 케미컬(chemical)에 2분간 세정하고 1:10의 DHF 용액에 1분간 담근 후, 4분 동안 초음파 세척하는 시퀀스를 적용하였다. CMP 후의 산화막 두께는 알파스텝을 사용하여 측정하였다.

최종적으로 연마 제거율(removal rate)과 비균일도(non-uniformity)를 측정하여 회석된 슬러리에

알루미늄 분말을 첨가한 것과 열처리한 알루미늄 분말을 첨가한 슬러리의 CMP 특성을 비교하였다.

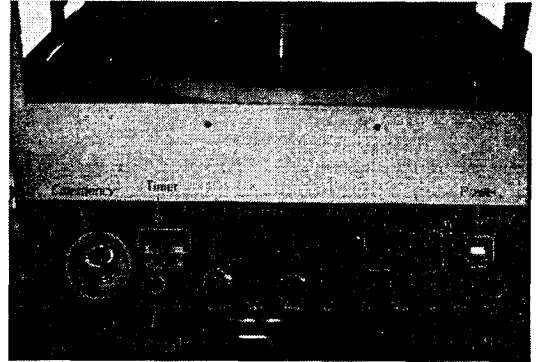


그림 1. CMP 장비의 조작 판넬

Fig. 1. Photographs of CMP equipment of control panel

그림 1은 본 실험에서 사용된 CMP 장비 사진을 보인 것으로 조작판넬 부분과 16인치의 연마판과 4인치의 웨이퍼를 장착시키는 헤드부분을 나타낸 것이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 알루미늄 연마제의 CMP 특성

그림 2는 1:10으로 회석한 실리카 슬러리에 알루미늄 연마제를 0.5wt%에서 2.5wt%까지 첨가하여 CMP 공정 후의 연마율을 웨이퍼 측정위치에 따라 나타낸 것이다. 여기서 두께 측정은 웨이퍼의 센터(포인트 1)에서 바깥쪽(포인트 9)으로 옮겨가면서 측정하였고, 측정 데이터는 각 포인트에 대해 9번씩 측정 후의 평균값을 나타낸 것이다. 1:10으로 회석한 슬러리에 알루미늄 연마제를 0.5wt% 첨가한 경우 연마율은 1400 [Å/min] 정도로 가장 우수하였으며, 그 이상의 연마제를 첨가하였을 경우에는 800 [Å/min] 정도로 연마율 특성이 향상되지 않고 더 감소함을 확인할 수가 있었다. 그림 3은 각각의 준비된 슬러리에 따른 연마율과 비균일도를 보인 것이다. 알루미늄 연마제의 함량이 증가함에 따라 연마율은 더 감소하고 비균일도도 불안정한 경향을 나타내었다. 이는 연마제를 많이 첨가한다고 해서 CMP 특성이 우수해지는 것이 아니라 어느 적정 수준까지는 증가한 후 떨어져 불안정한

CMP 특성을 보임을 알 수 있었다. 따라서 높은 연마율과 낮은 비균일도 특성의 trade-off를 만족시킬 수 있는 알루미나 첨가량은 0.3wt% ~ 0.5wt%가 가장 적합함을 알 수가 있었다.

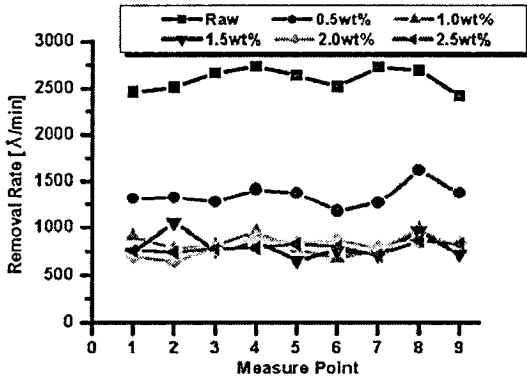


그림 2. 알루미나 첨가제에 대한 연마율 특성.
Fig. 2. Removal rate as a function of Al₂O₃ abrasive content.

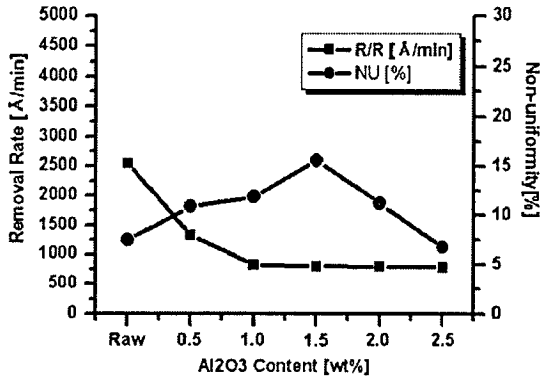


그림 3. 알루미나 연마제에 따른 연마율과 비균일도 관계.
Fig. 3. Relation of removal rate and non-uniformity as a function of Al₂O₃ abrasive contents.

3.2. 열처리한 알루미나 연마제의 CMP 특성

그림 4는 열처리하지 않은 알루미나 분말 연마제의 불안정한 CMP 특성을 개선하기 위해서 1:10으로 희석한 슬러리에 1100℃와 1500℃로 열처리한 알루미나 연마제를 각각 0.3wt와 0.5wt%를 첨가하여 CMP 공정 후의 산화막의 연마율 및 면내균일성을 웨이퍼 측정위치에 따라 나타낸 것이

다. 여기서 두께 측정은 위에서와 같이 웨이퍼의 안쪽(포인트 1)에서 바깥쪽(포인트 9)으로 옮겨가면서 측정하였고, 측정 데이터는 각 포인트에 대해 9번씩 측정 후의 평균값을 나타낸 것이다.

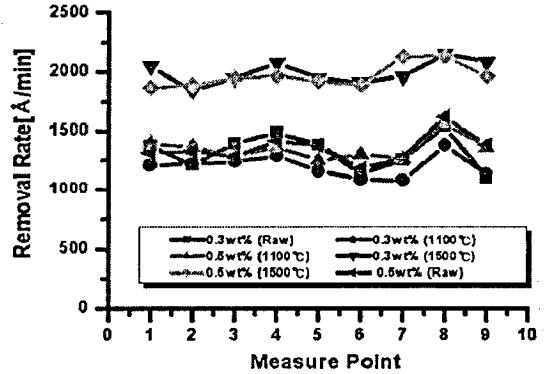


그림 4. 열처리한 알루미나 연마제의 연마율 특성.
Fig. 4. Removal rate as a function of annealing Al₂O₃ abrasive content.

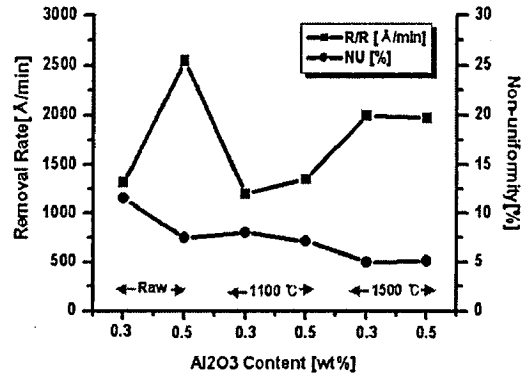


그림 5. 열처리한 알루미나 연마제의 연마율과 비균일도 특성.
Fig. 5. Relation of removal rate and non-uniformity as a function of annealed Al₂O₃ abrasive contents.

그림 4와 5에 보인 것처럼, 1100℃에서 열처리한 알루미나 연마제의 특성은 열처리하지 않은 연마제의 비균일도와 비교하여 볼 때 어느 정도 개선되었지만 연마율 특성에서는 비슷한 경향을 보이며 큰 변화를 보이지 않았다. 그러나 1500℃로 열처리한 연마제의 경우는 연마율면에서도 2000 [Å/min] 정도로 다른 연마제보다 600 [Å/min] 정

도가 더 우수하여 슬러리 원액에 가까운 연마율을 얻을 수 있었으며, 비균일도면에서도 5%로 다른 연마제에 대해서 2 ~ 5% 정도 더 우수하게 나타냄을 알 수가 있었다. 이는 열처리한 알루미늄 연마제가 산화막에 대한 기계적 강도가 더 커졌기 때문이며, 또한, 열처리 후 분쇄에 의해 연마제 입자의 사이즈가 더 작아져면 균일도에 대한 특성은 향상되었음을 알 수 있다.

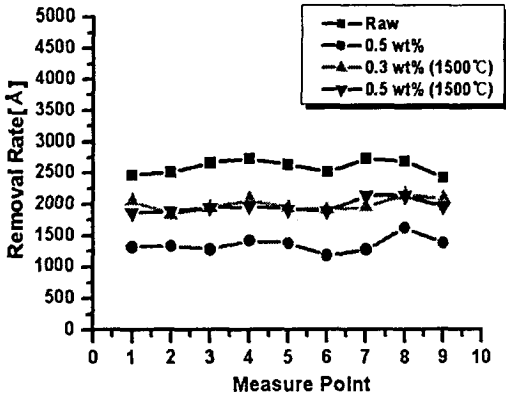


그림 6. 각종 슬러리 연마제의 연마율 특성.
Fig. 6. Removal rate as a function of different slurry abrasive.

그림 6은 이상에서 보인 각종 연마제의 CMP 특성 중 우수한 연마제의 연마율 특성을 비교한 그래프이다. 그림 6에서와 같이 원액의 경우 2500 Å의 연마율 특성을 보인 반면 1:10으로 희석한 후 1500°C에서 열처리한 알루미늄 연마제를 사용한 슬러리는 2000 Å으로 다소 낮은 연마율 특성을 보이지만 1:10으로 희석한 슬러리라는 점을 감안할 때 열처리한 알루미늄을 연마제로 첨가한 슬러리의 경우 연마율 특성이 거의 원액에 가깝도록 우수하다고 볼 수 있으며, 비균일도 측면에서는 5%도 원액보다 1%로 정도 더 안정된 값을 가짐을 알 수가 있었다.

4. 결론

희석된 실리카 슬러리에 알루미늄 연마제를 첨가한 경우 CMP 연마 특성에 미치는 영향에 대해 고찰하여 얻은 결과는 다음과 같다. 첫째, 1:10으로 희석한 슬러리에 열처리를 하지 않은 알루미늄 연마제를 첨가하였을

경우 불안정한 CMP 특성을 보였다. 둘째, 1:10으로 희석한 슬러리에 열처리한 알루미늄 연마제를 첨가하였을 경우 연마율과 면균일도가 향상됨을 보였다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 1:10으로 희석한 슬러리에 열처리한 알루미늄 연마제를 사용할 경우 산화막에 대한 연마율과 면균일도 측면에서 거의 원액에 가까운 우수한 특성을 보이고 있음을 알 수가 있었다. 따라서 CMP 공정 중 가장 많은 비용을 부담하고 있는 슬러리를 절약할 수 있어 공정 단가를 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 앞으로 이를 바탕으로 선택비와 균일도의 특성이 우수한 슬러리에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 과제는 2002년 정보통신부의 정보통신학술기초연구지원사업(정보통신연구진흥원)으로 수행된 결과입니다.

참고 문헌

- [1] 김상용, 서용진, 김태형, 이우선, 김창일, 장의구, "Chemical Mechanical Polishing(CMP) 공정을 이용한 Multilevel Metal 구조의 광역 평탄화에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 논문지, 11권, 12호, p. 1084, 1998.
- [2] 박창준, 서용진, 정소영, 이경진, 김기욱, 박성우, 최운식, 김철복, "희석된 슬러리가 CMP 특성에 미치는 영향" 한국전기전자재료학회 춘계 학술대회 논문지, p.18-22 (2002)
- [3] 박창준, 김상용, 서용진, "실리카 슬러리의 희석과 연마제의 첨가가 CMP 특성에 미치는 영향" 한국전기전자재료학회 논문지, 15권, 10호, (2002)
- [4] S. Y. Jeong, S. Y. Kim and Y. J. Seo, A Study on the Reproducibility of HSS STI-CMP Process for ULSI Applications, Proc. IUMRS-ICEM, p.509, 2002.