

CMP 슬러리 연마제의 어닐링 효과

박창준, 정소영, 김철복*, 최운식, 서용진
대불대학교 전기공학과, 동성 A&T*

Annealing effects of CMP slurry abrasives

Chang-Jun Park, So-Young Jeong, Chul-Bok Kim*, Woon-Shik Choi, Yong-Jin Seo
DAEBUL University, DONGSUNG A&T

Abstract

CMP(chemical mechanical polishing) process has been attracted as an essential technology of multi-level interconnection. However, the COO(cost of ownership) is very high, because of high consumable cost. Especially, among the consumables, slurry dominates more than 40 %. So, we focused how to reduce the consumption of raw slurry.

In this paper, We have studied the CMP (chemical mechanical polishing) characteristics of 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), COO(cost of ownership), Annealing, abrasive, COC(cost of consumables)

1. 서 론

CMP 공정 기술이 다층 배선 구조의 광역 평탄화를 위해서는 매우 효과적이지만, 그 어원에서 알 수 있듯이 기계적인 연마패드(pad)와 화학적인 식각 작용을 하는 슬러리(slurry)를 이용하여 연마가 진행되므로 공정 결함이 문제시되어 왔다[1]. 그 중에서도, 소모자재의 비용이 CMP 공정 비용의 70 % 이상을 차지하는 등 제조단가가 높다는 단점을 극복할 수가 없었다[2]. 특히, 고가의 슬러리가 차지하는 비중이 40 % 이상을 넘고 있어, 슬러리 원액의 소모량을 줄이기 위한 연구들이 현재 활발히 연구 중이다. 이러한 일례로 슬러리의 재활용에 의한 방법과 회석에 의한 방법이 가장 두드러지고 있다[3]. 슬러리 재활용의 경우에는 산화막 CMP 공정시 연마제로 주로 사용되는 실리카(SiO₂) 입자와 CMP 공정 후 산화막의 제거입자와

의 선별이 문제가 되어 반응물을 함유한 화학액의 재처리를 거쳐 공정 전의 슬러리에 포함된 화학액의 순도로 다시 환원하는 것이 상당히 어려운 문제이다. 이러한 까닭에 슬러리의 재활용보다는 탈이온수(de-ionized water; DIW) 회석에 의한 방법을 많은 곳에서 채택중이다.

따라서 본 연구에서는 고가의 슬러리를 회석시켜[4] 슬러리 비용을 줄임과 동시에 연마율과 비균일도의 특성이 우수한 슬러리에 대한 특성을 알아보기 위하여 탈이온수로 회석한 실리카 슬러리에 열처리한 알루미늄 연마제를 첨가하여 열처리 특성을 통한 산화막 CMP 특성 알아보려고 한다.

2. 실험

회석을 위해 KOH-Based 폼드 실리카(fumed silica) 슬러리를 사용하였고, Millpore MILLI-Q를

제5회 일렉트렛트 및 응용기술 연구회

통해 제조되는 탈이온수를 이용하여 슬러리를 1:10으로 희석시켰으며, 감소한 pH 값을 회복시키기 위한 완충제로 KOH를 첨가하여서 pH 값을 회복하였다[4]. 여기에 연마제로 알루미나 분말과 열처리한 알루미나 분말을 각각 첨가하여 CMP 연마율 및 비균일도를 비교해 보았다. 시료 준비를 위해 4인치 블랭킷(blanket) 실리콘 웨이퍼를 1200℃에서 6시간 동안 전기로에서 산화시켰으며 산화막 두께는 6500 Å 이었다. CMP 장비는 G & P Technology의 POLI-380을 사용하였고, 연마패드는 Redel사의 IC-1300과 Suba IV 패드를 PSA-II로 접착시킨 이중 패드를 사용하였다. 표 1은 본 실험에서 자체 제작한 알루미나 연마제 분말의 열처리 조건 및 분쇄 방법을 나타낸 것이다.

표 1. 연마제 분말의 열처리 조건.
Table 1. Annealed conditions of abrasive powders.

연마제 분말	알루미나(Al ₂ O ₃)
열처리 시간	2 [Hour]
열처리 온도	1100℃, 1400℃, 1500℃, 1600℃
건조 방법	100℃ 오븐 사용
분쇄 방법	Mono mill, 200 rpm, 20 [Hour]
용 매	아세톤

테이블과 헤드의 회전속도는 60 rpm으로 동일하게 셋팅하였고, 헤드압력은 300 g/cm²로 고정하였다. 연마시간도 모두 동일하게 90초로 고정시키고 실험하였다. 슬러리의 희석과 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 Nanospec/AFT 2100을 사용하여 측정하였다. 최종적으로 연마율과 비균일도를 측정하여 희석된 슬

러리에 알루미나 분말을 첨가한 것과 열처리한 알루미나 분말을 첨가한 슬러리의 CMP 특성을 비교하였다.

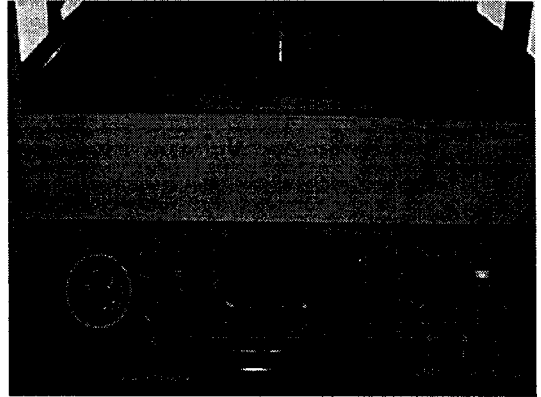


그림 1. CMP 장비의 조작 패널 사진.
Fig. 1. Photographs of CMP equipment showing a control panel.

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

3. 결과 및 고찰

Abrasive 첨가량에 따른 연마율

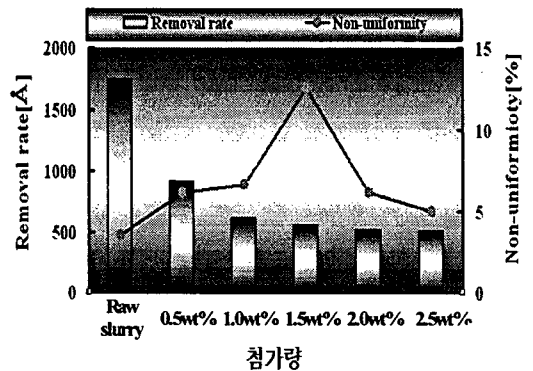


그림 2. 알루미나 연마제 함량에 따른 연마율과 비균일도 관계.

Fig 2. Relation of removal rate and non-uniformity as a function of Al₂O₃ abrasive contents.

그림 2는 각각의 준비된 슬러리에 따른 연마율과 비균일도를 보인 것이다. 알루미늄 연마제의 함량이 증가함에 따라 연마율은 더 감소하고 비균일도 또한 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 있다. 따라서 높은 연마율과 낮은 비균일도 특성의 trade-off를 만족시킬 수 있는 알루미늄 첨가량은 대략 0.3wt% ~ 0.5wt%가 가장 적합할 것으로 판단되었다.

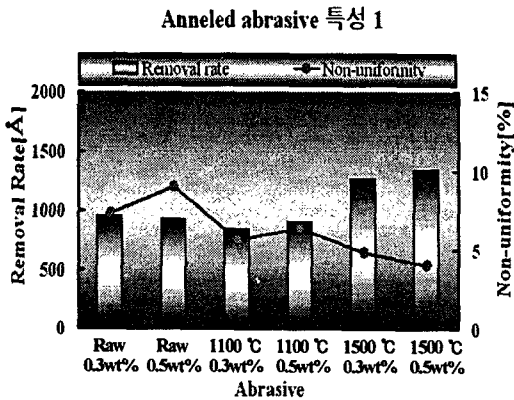


그림 3. 열처리한 알루미늄 연마제의 연마율과 비균일도 특성.

Fig 3. Relation of removal rate and non-uniformity as a function of annealed Al_2O_3 abrasive contents.

그림 3은 그림 2에서의 보인 것과 같이 1100°C와 1500°C에서 열처리한 알루미늄 연마제가 각각 0.3wt%와 0.5wt% 첨가된 슬러리의 경우 알루미늄 함량에 따른 연마율과 비균일도를 열처리하지 않은 알루미늄 연마제 슬러리와 비교한 것이다.

그림 3에 보인 것처럼, 1100°C에서 열처리한 알루미늄 연마제의 특성은 열처리하지 않은 연마제의 비균일도와 비교하여 볼 때 어느 정도 개선되었지만 연마율 특성에서는 비슷한 경향을 보이며 큰 변화를 보이지 않았다. 그러나 1500°C로 열처리한 연마제의 경우는 연마율면에서도 1500 [Å/min] 정도로 다른 연마제보다 500 [Å/min] 정도가 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 1500°C에서 열처리한 알루미늄 연마제의 기계적 강도가 열처리에 의해 더 커졌기 때문으로 생각되며, 또한, 열처리 후 Mono Mill 분쇄에 의해 연마제 입자의 사이즈가 더 작아져 비균일도 특성은 더 향상되었음을 알 수 있다.

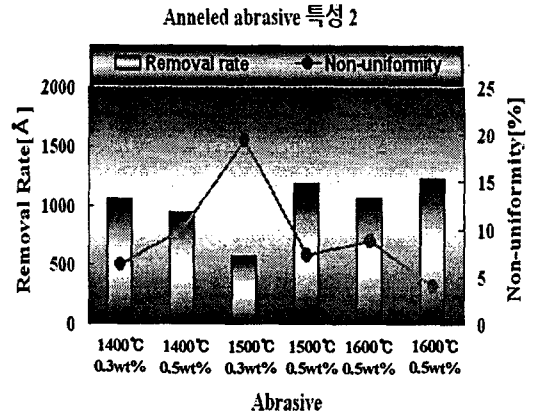


그림 4. 열처리한 알루미늄 연마제의 연마율과 비균일도 특성.

Fig 4. Relation of removal rate and non-uniformity as a function of annealed Al_2O_3 abrasive contents.

그림 4는 그림 3에서 보인 것처럼 알루미늄 소성 온도인 1600°C에 가깝게 열처리한 1500°C에서 우수한 연마 특성과 낮은 비균일도를 나타내고 있음을 알 수가 있어서 1400°C, 1500°C, 1600°C로 열처리한 알루미늄 연마제 0.3wt%와 0.5wt%를 첨가하여서 CMP 특성을 알아보았다. 그림 4에서도 알 수 있듯이 알루미늄 소성 온도에 가깝게 열처리한 연마제일수록 원액의 슬러리에 가까운 1500Å 정도의 연마 특성과 원액보다 더 우수한 4 ~ 5%의 비균일도 특성을 나타냄을 알 수가 있다. 이를 통해서 우리는 열처리를 통해서 기계적 강도는 더 우수하고 연마입자의 크기는 더 작은 연마제 특성을 얻을 수가 있다는 것을 알 수가 있었다.

4. 결론

실리카 슬러리에 열처리한 알루미늄 연마제를 첨가한 경우 CMP 연마 특성에 미치는 영향에 대해 고찰하여 얻은 결과는 다음과 같다.

제5회 일렉트렛트 및 응용기술 연구회

첫째, 열처리를 하지 않은 알루미늄 연마제를 첨가하였을 경우 불안정한 CMP 특성을 보였다. 둘째, 열처리한 알루미늄 연마제를 첨가하였을 경우 연마율과 비균일도가 향상됨을 보였다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 열처리한 알루미늄 연마제를 사용할 경우 산화막에 대한 연마율과 비균일도 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.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] T. Hara, T. Kurosu, T. Doy, "Chemical Mechanical Polishing of Copper and Barrier Layer by Manganese(IV) Oxide Slurry", Electrochemical and Solid-State Letters, Vol. 4, No. 12, p. G109, 2001.
- [3] K. J. Lee, W. S. Lee, C. J. Park, S. Y. Kim, J. S Park, and Y. J Seo, "Two Step Chemical Mechanical Polishing Characteristics of Re-used Silica Slurry", Proc. of 8th CMP-MIC, Marina Del Rey, CA. USA. (Feb. 18-21, 2003). pp. 406-409.
- [4] 박창준, 김상용, 서용진, "실리카 슬러리의 회석과 연마제의 첨가가 CMP 특성에 미치는 영향" 전기전자재료학회 논문지, 15권, 10호, p. 851, 2002.