

희석된 슬러리가 CMP 특성에 미치는 영향

The Effects of Diluted Slurry on the CMP Characteristics

박창준¹⁾, 박성우¹⁾, 이경진¹⁾, 김기욱¹⁾, 정소영¹⁾, 김철복¹⁾, 최윤식¹⁾, 김상용²⁾, 서용진¹⁾
Chang-Jun Park¹⁾, Sung-Woo Park¹⁾, Kyoung-Jin Lee¹⁾, Ki-Wook Kim¹⁾, So-Young Jeong¹⁾,
Chul-Bok Kim¹⁾, Woon-Shik Choi¹⁾, Sang-Yong Kim²⁾, Yong-Jin Seo¹⁾

Abstract

CMP(chemical mechanical polishing) process has attracted as an essential technology of multilevel 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 that it has how to reduce the consumption of raw slurry.

In this paper, we presented the pH changes of diluted slurry and pH control as a function of KOH contents. Also, the removal rates of slurry with different dilution ratio was investigated. Finally, CMP the characteristics as a function of silica(SiO₂) abrasive contents were discussed.

Key Words : CMP(chemical mechanical polishing), DIW(de-ionized water), Dilution ratio, Abrasive.

1. 서론

CMP(chemical mechanical polishing) 공정 기술 [1]은 다층 배선 구조를 실현하기 위해 필수적으로 사용하고 있으나 제조 공정에 적용하기까지 다소 복잡해지고 해결해야 할 문제점들이 많이 남아있다[2]. 그 중에서도, 소모재(연마패드, backing film, 슬러리, 패드 컨디셔너)의 비용이 CMP 공정 비용의 70% 이상을 차지하는 등 제조단가가 높다는 단점을 극복할 수가 없었다[3]. 특히, 고가의 슬러리가 차지하는 비중이 40% 이상을 넘고 있어, 슬러리 원액의 소모량을 줄이기 위한 연구들이 현재 활발히 연구 중이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 슬러리를 희석하였을 때 슬러리의 pH 변동에 대해 1차적으로 살펴보고, 이러한 pH 변동치를 억제시키고, 일정한 적정 pH로 유도하는 방법을 알

아보았다. 또한, 이런 화학적인 조절에 의해 희석된 슬러리들이 CMP 특성에 미치는 영향을 고찰해보았고, 마지막으로 희석된 슬러리에 실리카(silica) 분말을 abrasive로 첨가하여 CMP 특성에 영향을 주지 않으면서도 슬러리의 소비량을 줄일 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. 실험



그림 1. CMP 장비의 조작 패널 사진

Fig. 1. Photograph of CMP equipment control panel

¹⁾ 대불대학교 전기공학과
(전남 영암군 삼호면 산호리 대불대학교 전기공학과
Fax: 061-469-1265,
E-mail: syj@mail.daebul.ac.kr)

²⁾ 아남반도체 FAB 사업부

본 실험에서는 시료 준비를 위해 4인치 블랭킷(blanket) 실리콘 웨이퍼를 사용하여 1200°C에서 6시간 동안 전기로에서 3500A까지 산화막을 증착시킨 후 IC1300/SubsIV 이중 패드와 실리카계 슬러리를 투입하면서 POLI-380을 사용하여 연마하였다. 그림 1은 CMP 장비의 조작판넬과 16인치의 연마판과 4인치의 웨이퍼를 장착시키는 헤드부분을 보인 것이다. CMP 후의 산화막 두께는 엘립스 미터를 사용하여 측정하였다. 또한, Micro Zoom사의 광학 현미경을 사용하여 웨이퍼 표면의 잔류 오염물 및 결함들을 검사하였다.

표 1. CMP 장비의 DOE 조건

Table 1. D.O.E conditions of CMP equipment

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

표 1은 본 CMP 공정에 적용된 공정변수를 요약한 것이다.

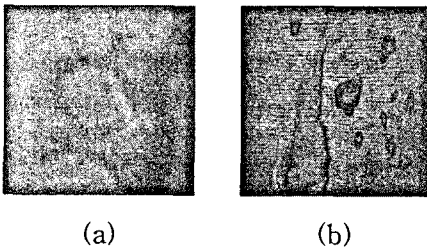


그림 2. CMP 공정 후 웨이퍼 표면에 남은 슬러리 잔류물

Fig. 2. Slurry residues of water surface after CMP process.

그림 2는 CMP 연마 후에 완전히 세정되지 않고 웨이퍼 위에 남아 굳어진 슬러리 잔류물을 보인 것이다. 세정공정은 NH₄OH : H₂O₂ : H₂O = 1 : 2 : 7의 비율로 섞인 SC-1 케미컬(chemical)에 3분간 dipping 한 후 1:10의 DHF 용액에 2분간 담

근 후, 4분 동안 초음파 세척하는 시퀀스를 적용함으로써 해결할 수 있었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 희석된 슬러리의 pH 안정성

슬러리의 희석은 슬러리 원액의 소모를 줄이는데 상당히 효과적인 방법이지만, 슬러리 내의 pH 변화, 연마율 변화, 비균일도의 변화를 일으켜 CMP 특성에 상당한 영향을 초래한다. 따라서 본 실험에서는 위에서 제시한 pH에 대한 문제점에 대해 몇 가지 실험을 통해 pH와 CMP 특성 사이의 상호관계를 비교하여 보았다.

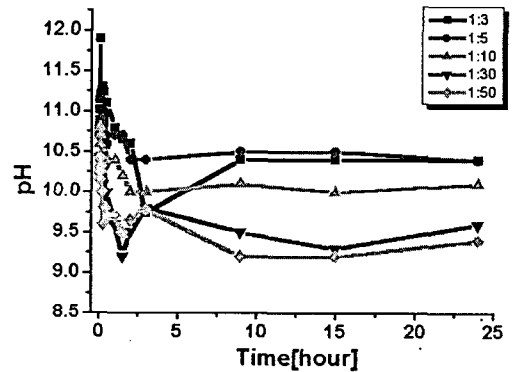


그림 3. 슬러리의 시간에 따른 pH 안정화

Fig. 3. pH stability of slurry as a function of aging time

그림 3은 시간 경과에 따른 슬러리의 pH 변동 및 안정화 경향을 나타낸 것이다. 슬러리와 DIW의 희석비는 1:3 ~ 1:50까지 변화시켰다. 그림에서 알 수 있듯이 희석비가 높아질수록 시간 경과에 따른 pH 변동치가 증가함을 알 수 있다. 또한 초기에는 상당한 pH 변동을 보이다가 5시간 이후부터 24시간까지 안정화 특성을 보였다. 이러한 현상은 희석비가 높아질수록 슬러리 내부의 수소 이온농도 [H⁺]가 줄어든다. 반응 속도는 반응물질의 농도가 증가하면 분자수가 많아져 충돌 횟수가 증가하게 되어서 빨라진다. 즉, 반응 속도는 반응물질의 몰(mole) 농도의 곱에 비례한다. 따라서 슬러리 내의 화학액과 DIW가 반응할 때 고 희석비에서는 초순수의 몰 농도는 화학액의 몰 농도에 비해서 상당히 높아지므로 상대적으로 반응 속도가 낮은 희석비에 비해 높게 되기 때문이다. 결과적으로 슬러리는 쉽게 중화한다. CMP 공정에 있어서 적정 영역

의 pH 값을 갖지 않는 슬러리를 사용하면 연마 제거율이 감소하므로 슬러리의 희석 후에는 반드시 pH 값을 일정 영역으로 조절해 주어야 함을 알 수 있다.

3.2 희석된 슬러리에 KOH를 첨가한 후의 pH 안정성

pH의 변화를 회복할 수 있는 buffer solution의 영향을 알아보기 위해 그림 3에 보인 바와 같이 24시간 후 거의 안정화된 각각의 희석 슬러리에 KOH를 첨가하여 pH의 회복을 KOH content에 따라 측정하여 보았다.

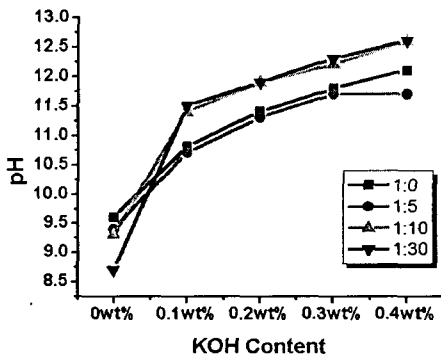


그림 4. KOH 함유량에 따른 pH의 변화

Fig. 4. pH changes as a function of KOH content

그림 4는 pH의 회복을 위해 buffer solution으로 KOH를 0.1wt% 씩 첨가한 경우의 pH 변화를 보인 것이다. 희석비에 따라 pH 변화가 현저한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 1:3과 1:5의 낮은 희석비의 경우에는 KOH 0.1wt%의 증분에 따라 평균 pH 농도도 0.6 만큼 증가하는 적정 회복곡선을 보이고 있는 반면에, 희석비가 높은 1:10과 1:30의 경우에는 KOH 함량에 따라 급격한 변화를 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과를 통해 희석비가 높을수록 KOH가 pH에 미치는 영향이 크다는 결론을 얻을 수 있었다. 이 결과의 의미는 슬러리에 pH의 영향은 무시할 수 없으며, 희석시켜 사용하더라도 적정선에서 희석시켜야 함을 지적해주는 결과이다. 본 실험의 범위 내에서는 KOH의 적정량은 1:3과 1:5의 희석비의 경우에는 0.3wt%이고 1:10과 1:30의 경우는 0.2wt% 정도였다.

3.3 희석된 슬러리의 CMP 특성 평가

그림 5은 희석비에 따른 pH 농도와 잔류박막의 두께를 비교한 것이다. 슬러리의 희석비가 높아질수록 pH는 감소하였고, CMP 후의 잔류 박막은 예상했던 대로 높게 나타났다. 초기의 산화막 두께

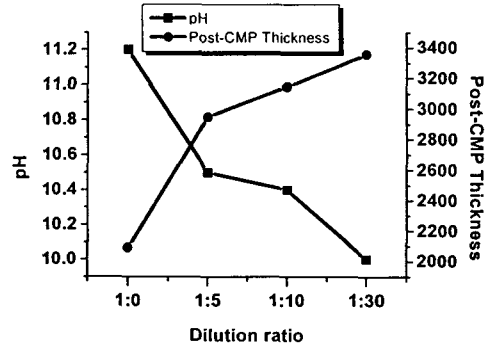


그림5. 희석비에 따른 pH 농도와 잔류 박막의 두께 비교

Fig 5. Comparison between pH and residue thickness as a function of dilution ratio. 값은 3500 Å 이었다.

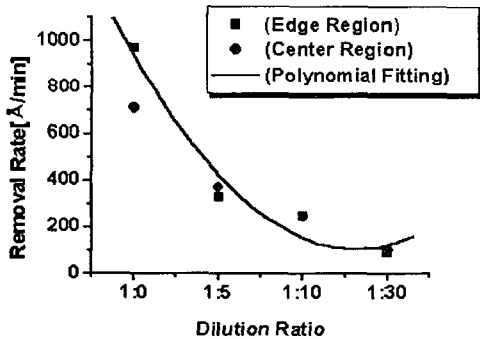


그림 6. 슬러리 희석비에 따른 가장자리와 중심 영역에서의 연마율 비교

Fig 6. Comparison of removal rates in the edge and center region as a function of slurry dilution

그림 6은 각각의 희석된 슬러리를 사용하여 90 초 동안 CMP를 행한 후의 연마율을 가장자리와 중심영역으로 나누어 나타낸 것이다. 희석비가 증가할수록 연마율은 현저히 감소를 하였고, 희석비가 1:30일 때의 연마율은 200 Å/min으로 가장 낮

다. 회석된 슬러리는 원액의 연마율에 비해 현저히 낮음을 알 수 있다. 또한 원액의 경우에는 가장자리 영역과 중심영역의 연마율 차이가 컸으나, 회석비가 높을수록 가장자리와 중심부분의 연마율은 거의 동일하게 나타났다. 따라서 회석비 증가에 따라 연마율이 감소하는 경향을 보이므로 회석할 때 일정량의 실리카 연마입자(abrasive)를 동시에 첨가하여 연마율을 증가시켜줄 필요가 있다.

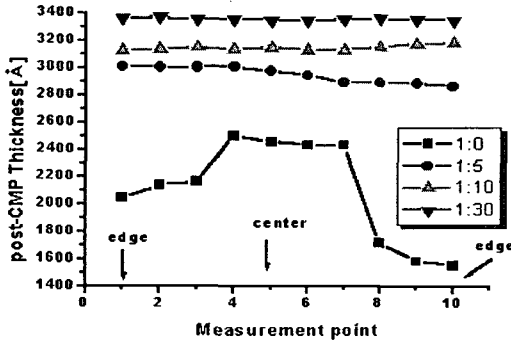


그림 7. 회석비에 따른 두께 균일성 비교.
Fig 7. Comparison of thickness uniformity as a function of dilution ratio

그림 7은 회석비에 따른 CMP 후의 잔류 산화막의 면내균일성을 웨이퍼 측정위치에 따라 나타낸 것이다. 슬러리의 회석비가 증가할수록 연마율은 감소하지만, 면내균일성은 향상되었다. 1:30의 경우 회석비가 너무 높아 거의 연마되지 않고 있음을 알 수 있다.

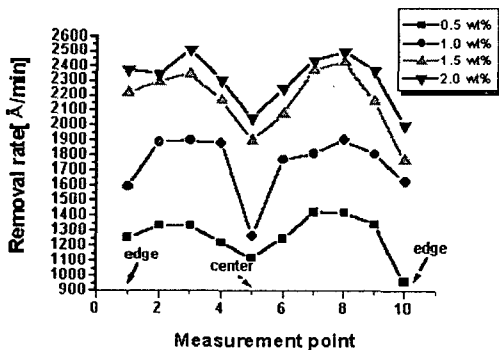


그림 8. SiO₂ 함유에 따른 연마율
Fig 8. Removal rate as a function of SiO₂ content

그림 8은 회석비가 1:10인 경우 실리카 연마제의 첨가량에 따른 연마율을 비교하여 나타낸 것이다. 실리카 첨가량이 증가함에 따라 연마율이 상승하였다. 따라서 1:10으로 슬러리를 회석시킨 후 0.5wt% ~ 2wt%의 실리카 연마제를 첨가한 경우 1.5wt% 경우가 가장 우수한 특성을 나타내었다. 즉, 1:10 정도로 슬러리를 회석시킬 경우, 비록 연마 시간이 다소 길어지겠지만 고가의 슬러리를 절약할 수 있어 제조단가의 향상을 꾀할 수 있음을 암시하는 것이다.

4. 결론

회석된 슬러리가 CMP 연마 특성에 미치는 영향에 대해 고찰하여 얻은 결과는 다음과 같다. 첫째, 회석비가 높아질수록 시간 경과에 따른 pH 변동치가 증가하였다. 둘째, 회석비에 따라 pH 변화는 현저한 차이를 보였다. 셋째, 회석비가 증가할수록 연마율은 현저하게 차이를 보였다. 넷째, 실리카 첨가량이 증가함에 따라 연마율이 상승하였다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 1:10 정도로 슬러리를 회석시킨 경우, 비록 연마시간이 다소 더 걸리겠지만 고가의 슬러리를 절약할 수 있어 제조단가를 낮추어 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 앞으로 회석된 슬러리에 실리카 연마입자를 첨가하여 제조된 슬러리를 사용하여 CMP를 행할 경우, 표면의 마이크로 스크래치와 같은 공정 결함들에 대한 조사도 병행되어야 할 것이다

감사의 글

본 논문은 2001년 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업(과제번호:2001-185-3)으로 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

[참고문헌]

- [1] W. S. Lee, S. Y. Kim, Y. J. Seo, J. K. Lee, "An Optimization of Tungsten Plug Chemical Mechanical Polishing (CMP) using Different Consumables, Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, No. 1, pp. 63-68, 2001.
- [2] William J. Patrick, et al, "Application of Chemical Mechanical Polishing to the Fabrication of VLSI Circuit Interconnection", The Electrochemical society, Vol. 138, pp.

555-561, June 1991.

- [3] 김상용, “Chemical Mechanical Polishing 공정 변수의 이해”, 전기전자재료, Vol. 12, No. 10, pp. 9-18, 1999.