

열처리된 산화막 CMP 슬러리의 노화 현상

이우선, 신재욱, 최권우, 고필주, 서용진*

조선대학교 전기공학과, 대불대학교 전기전자공학과*

Aging effect of annealed oxide CMP slurry

Woo-Sun Lee, Jae-Wook Shin, Kwon-Woo Choi, Pil-Ju Ko, and Yong-Jin Seo*

Chosun Univ., Daebul Univ.*

Abstract

Chemical mechanical polishing (CMP) process has been widely used to planarize dielectric layers, which can be applied to the integrated circuits for sub-micron technology. Despite the increased use of CMP process, it is difficult to accomplish the global planarization of in the defect-free inter-layer dielectrics (ILD). Especially, defects such as micro-scratch lead to severe circuit failure which affect yield. CMP slurries can contain particles exceeding 1 μm in size, which could cause micro-scratch on the wafer surface.

In this paper, we have studied aging effect the of CMP slurry as a function of particle size. We prepared and compared the self-developed silica slurry by adding of abrasives before and after annealing. As our preliminary experiment results, we could be obtained the relatively stable slurry characteristics comparable to original silica slurry in the slurry aging effect.

Key Words : CMP(chemical mechanical polishing), ILD(inter-layer dielectrics), aging effect, micro-scratch, IMD(inter-metal dielectrc)

1. 서론

최근 반도체 소자의 고속화 및 고집적화됨에 따라, 한계를 극복하기 위하여 배선 선폭의 미세화와 배선 층의 증가에 대한 요구가 갈수록 높아져 다층 배선(multi-layer interconnection) 기술이 서브마이크론(sub-micron) 공정에서 중요한 과제로 대두되고 있다[1]. 특히, 0.35 μm 이하의 공정 기술에서는 미세 패턴 형성을 실현하기 위한 노광 장치의 초점심도(depth of focus : DOF)에 대한 공정 여유(process margin)가 줄어들어 따라 충분한 초점심도를 확보하기 위해 웨이퍼 전면에 걸쳐 서브마이크론 이하의 평탄도를 얻을 수 있는 chemical mechanical polishing (CMP) 기술이 필수적인 공정으로 널리 사용되어지고 있다[2, 3]. 하지만, 무결점의 광역 평탄화를 위해서는 아직도 해결해야 할 문제점이 많다. 특히 CMP공정 중에 발생하는 마이크로 스크래치(micro-scratch)에 의한 소자 불

량, 수율(yield) 저하 등이 반도체 제조 공정에 심각하게 영향을 미치고 있다[4]. 절연물질의 CMP 공정 시 사용되는 슬러리 연마 입자들은 연마가 진행되는 동안 슬러리 공급 라인에서 슬러리가 덩어리져 웨이퍼 표면과 만나서 IMD (inter-metal dielectrc)층 위에 있는 미세한 마이크로 스크래치 주위에 남아 있는 금속 잔존물(metal residue) 등은 금속 브릿지(bridge)의 원인이 되거나 하부 금속층과의 침묵(stringer) 역할을 하기도 한다. 또한 심각할 정도로 큰 스크래치는 하부층에 있는 박막의 금속 배선에도 직접 영향을 주게 된다. 특히, post-CMP 세정 공정동안 이러한 갈라진 틈(crack)을 통해 케미컬(chemical)들이 하부 금속배선으로 침투하여 금속을 부식(corrosion) 시키기도 한다[5, 6]. 이렇게 심각한 결함들을 발생시키는 옹고 현상의 원인으로는 연마제가 통과하는 파이프관에 고체화된 상태로 형성되기도 하고, 연마제의 제조 시나 운반 시 건조화 되거나 저장 탱크 속에

서 온도 변화, pH shock, 습도 변화 등에 영향을 받는다[7].

따라서 본 연구에서는 입도분석기를 이용해 CMP 슬러리 응고 특성에 큰 영향을 미치는 슬러리 노화현상(slurry aging effect)에 대해서 연구하였으며 슬러리 내에서 입자들간의 응고현상이 화학적으로 용력이 커져서 발생하게됨으로 용력의 감소를 위해서 열처리한 연마제를 첨가하여서 줄이고자 하였다. 슬러리는 원액의 슬러리와 회석을 한 후의 슬러리 그리고 연마제를 첨가한 슬러리에 대해 시간 경과 후의 응고 현상을 살펴보았는데 모든 슬러리에서 정도의 차이는 있었지만 슬러리 응고 현상을 보이고 있음을 알 수가 있었다. 또한 위 실험에서 제조한 슬러리를 CMP 공정에 적용시켜보고 각 슬러리의 CMP 특성을 비교하였다.

2. 실험

본 실험에서는 슬러리의 응고현상을 분석하기 위해 표 1에서 보는바와 같이 원액 실리카 슬러리와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리, 원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 열처리하지 않은 Al_2O_3 파우더를 첨가한 슬러리, 원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 $1500^\circ C$ 로 열처리한 Al_2O_3 파우더를 첨가한 슬러리를 제조하였다. 시간의 경과에 따른 입자 크기를 알아보기 위해 PSS(Particle Sizing System)인 Accusizer 780을 사용하여 한달까지의 슬러리의 입도를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 산화막 CMP용으로 제작된 실리카 슬러리의 원액과 원액 슬러리와 증류수를 1:10으로 희석시킨 슬러리, 원액 슬러리와 증류수를 1:10으로 희석시킨 다음 Al_2O_3 파우더를 첨가하여 만든 슬러리의 입도 분석을 나타내고 있다.

표 1. 슬러리의 종류.

Table 1. kind of slurry

1	Raw Silica Slurry
2	1:10 diluted Silica Slurry
3	add nonannealed Al_2O_3 powder at 1:10 diluted Silica Slurry
4	add annealed Al_2O_3 powder at 1:10 diluted Silica Slurry

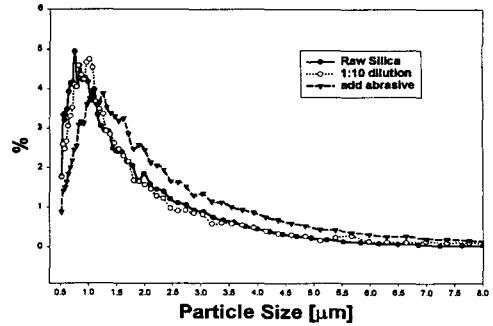


그림 1. 각 슬러리의 입자 크기 분포.

Fig. 1. Particle size distributions of each slurry.

실리카 원액 슬러리는 $1 \mu m$ 부근에서 가장 많은 입자 크기의 분포를 보였고, 회석 슬러리의 입자 분포는 원액 실리카와 비슷한 입자 분포를 보였다. 이는 실리카 슬러리에 증류수만을 희석시킨 것이기 때문에 같은 양안의 입자 숫자에만 차이를 보일 뿐 입자들의 분포에는 별 영향을 끼치지 못한 것으로 생각된다. 그리고 실리카 원액에 Al_2O_3 파우더를 첨가한 슬러리의 입자 크기는 대체적으로 조금씩 커진 것을 볼 수 있다. 이것은 실리카 슬러리의 첨가한 파우더의 입자들의 크기만큼 이 슬러리의 안의 입자 크기가 커진 것으로 볼 수 있다.

그림 2는 원액 실리카 슬러리를 CMP 공정을 위해 교반시킨 후 그 첫째 날과 30일이 경과하는 동안의 입도분석을 비교한 그림이다.

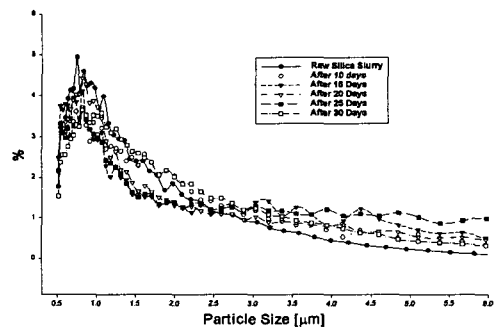


그림 2. 원액 실리카 슬러리의 30일 동안의 입도 분석.

Fig. 2. Particle size analysis of raw silica slurry in 30 days.

첫째 날의 원액 실리카 슬러리는 1 μm 부근에서 가장 많은 입자들의 분포를 보였다. 그러나 30일까지 경과하는 동안 1 μm 부근의 입자 분포가 조금씩 줄어들고 그래프가 우측 상단 쪽으로 이동한 것으로 보아 입자 크기가 커짐을 알 수 있었다. 이것은 시간이 경과함에 따라 슬러리 내부의 입자들이 서로 엉켜 붙어 응고가 진행됨에 따라 입자 크기가 커진 것으로 생각된다.

그림 3은 원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석해 만든 슬러리의 제조 첫째 날부터 30일까지의 입도 분석을 보이고 있다.

그림 2의 슬러리와 같이 시간이 경과함에 따라 응고가 진행됨에 따라 입자 크기가 커지는 비슷한 분포를 보이고 있다. 슬러리를 증류수에 희석하는 것은 응고현상에는 별 영향을 못 끼치는 것으로 생각된다.

그림 4는 원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 열처리하지 않은 Al_2O_3 파우더를 첨가해 만든 슬러리의 제조 첫째 날과 30일이 경과한 후의 입도 분석과 원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 전기로에서 1500°C에서 6시간 동안 열처리한 Al_2O_3 파우더를 첨가해 만든 슬러리의 제조 첫째 날과 30일이 경과한 후의 입도 분석을 비교한 그림이다.

원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 열처리하지 않은 Al_2O_3 파우더를 첨가해 만든 슬러리의 입도 분포는 원액 실리카보다 큰 3~4 μm 부근에서 가장 많은 분포를 보이고 있었고 30일이 경과한 후에는 처음 제조했을 때 가장 많은 분포를 보였던 3~4 μm 부근의 분포는 줄어들었고 4~8 μm 의 아주 큰 입자들이 보였다.

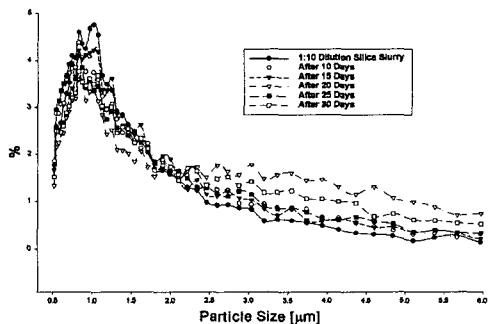


그림 3. 희석 실리카 슬러리의 30일 동안 입도 분석.

Fig. 3. Particle size analysis of diluted silica slurry in 30 days.

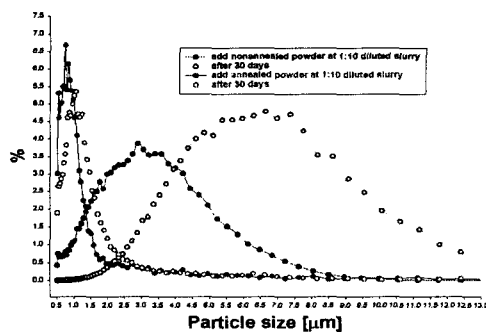


그림 4. 비열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리와 열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리의 30일 후의 입도 분석 비교.

Fig. 4. Particle size analysis comparative of added nonannealed powder slurry and added annealed powder slurry after 30 days.

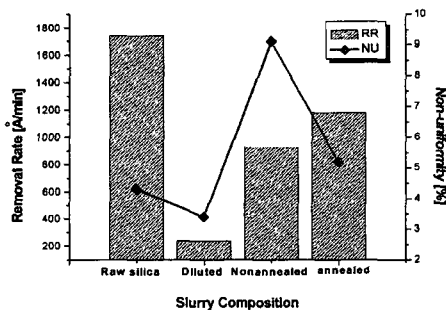


그림 5. 각 슬러리의 연마율과 비균일도 비교.

Fig. 5. Removal rate and non-uniformity comparative of each slurry.

이것은 파우더가 열처리되지 않아 원액 실리카 슬러리보다 더 빠르고 많은 응고들이 일어난 것으로 보인다. 하지만 비열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리와 비교해보면 열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리와는 많은 차이를 보였다. 우선 열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리는 첫째 날에 원액 실리카와 비슷하게 1 μm 부근의 작은 입자들의 분포가 가장 많았다. 이는 파우더의 열처리 과정에서 고온의 열처리로 인해 파우더의 기계적 강도가 더 커졌고, 나노 분쇄에 의해 입자크기가 작아진 것으로 보인다. 30일이 경과한 후에는 다른 슬러리

와 마찬가지로 옹고현상이 일어남으로써 조금씩은 입자의 크기가 커진 것을 알 수 있지만 비열처리 슬러리와 비교해볼 때 열처리 슬러리의 입자 크기의 큰 변화는 보이지 않았다. 이는 열처리된 파우더는 파우더를 열처리함으로써 상대적으로 시간이 경과함에도 입자들끼리의 옹고현상이 적게 나타난 것으로 보인다.

그림 5는 위 실험에서 제조한 4가지의 슬러리를 산화막 CMP공정에 적용시킨 후 연마 전의 웨이퍼의 두께와 연마 후의 두께를 비교함으로써 구해진 연마율과 비균일도를 나타낸 그래프이다. 열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리에서 원액 실리카에는 미치지 못했지만 비교적 높은 연마율과 비교적 낮은 비균일도를 얻었다.

4. 결 론

위 실험을 통해 슬러리는 시간이 경과함에 따라 슬러리 Chemical 안에서의 입자들끼리의 인력에 의해 옹고 현상이 일어나게 되어 입자의 크기가 더 커짐을 알 수 있었다. 또한 실리카 슬러리를 증류수와 1:10으로 희석시킨 다음 비열처리된 것과 열처리된 Al_2O_3 파우더를 첨가하여 만든 슬러리는 30일이 경과 후에는 열처리된 슬러리가 비 열처리된 슬러리보다 옹고현상이 적게 일어나 시간에 경과에 따른 에이징 효과가 더 적게 나타났다.

따라서, 본 논문에서 제안하는 바와 같이 연마제 파우더를 열처리한 후 분쇄함으로써 슬러리 옹고현상을 막을 수 있었고, 보상효과를 더 꾀할 수 있었다. 또한 CMP 연마 공정에 적용한 결과 1500°C 열처리한 Al_2O_3 파우더를 첨가한 슬러리에서 비교적 높은 연마율과 비교적 낮은 비균일도를 얻을 수 있었다. 그리고 CMP 후의 연마표면특성을 분석하기 위한 AFM 측정이 진행 중이다.

감사의 글

본 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2002-005-D00011)

참고 문헌

[1] Sivaram, H. Bath, R. Legegett, A. Maury, K. Monning, R. Tolles, "Planarizing Interlevel Dielectric by Chemical Mechanical Polishing", Solid State Tech. pp. 87-91, May 1992.
 [2] Woo-Sun Lee, Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo,

Jong-Kook 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, pp. 63-68. 2001

[3] 김상용, 서용진, 김태형, 이우선, 김창일, 장의구, "Chemical Mechanical Polishing(CMP) 공정을 이용한 Multilevel Metal 구조의 광역 평탄화에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 논문지, 제 11권, 제 12호, pp. 1084-1090, 1998.
 [4] M. Lin, C. Y. Chang, D. C. Liao, B. Wang and Allen Henderson, "Improved STI CMP Technology for micro-scratch issue", Proceeding of CMP-STI, pp. 322-326, 1999
 [5] Yong-Jin Seo, Sung Woo Park, So-Young Jeong, Woon-Shik Choi, Sang-Yong Kim, "Sluery Induced Metallic Contaminations on Different Silicate Oxides by as-deposited and post-CMP Cleaning", Proceeding of CMP-MIC, pp. 287-290. 2001.
 [6] 김상용, 서용진, 이우선, 장의구, "실리콘 웨이퍼 위에 증착된 실리케이트 산화막의 CMP 슬러리 오염 특성", 한국전기전자재료학회 논문지, 제 13권, 제 2호. pp. 131-136. 2000.
 [7] Z. Lin, J. Zahka, and G. Vasilopoulos, "Filtration of CMP Slurries in Chemaical Delivery Systems, Proceeding of Workshop on Contamination in Liquid Chemical Distribution System", SEMICON West 97, July 13. 1997.