

## 입도 분석을 통한 CMP 슬러리 에이징 효과

신재욱\*, 이우선\*, 최권우\*, 고필주\*, 서용진\*\*

\* 조선대학교 전기공학과, \*\* 대불대학교 전기전자공학과

### CMP slurry aging effect by Particle Size analysis

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

\*Dep. of Electrical Engineering of Chosun Uni, \*\*Dep. of Electrical Engineering of Daebul Uni.

#### Abstract

As the integrated circuit device shrinks to the smaller dimension, the chemical mechanical polishing (CMP) process was required for the global planarization of inter-metal dielectric (IMD) layer with free-defect. However, as the IMD layer gets thinner, micro-scratches are becoming as major defects. Micro-scratches are generated by agglomerated slurry, solidified and attached slurry in pipe line of slurry supply system. It is well known that the presence of hard and larger size particles in the CMP slurries increases the defect density and surface roughness of the polished wafers.

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** : chemical mechanical polishing (CMP), micro-scratch, slurry aging effect

#### 1. 서론

반도체 집적회로 소자가 deep 서브마이크론 영역으로 스케일 다운(scale down) 됨에 따라 더욱 높아져 가는 소자간의 단차(step height)를 극복하고자 CMP(Chemical Mechanical Polishing)에 의한 광역평탄화(global planarization)가 필요하게 되었고, 결함이 전혀 없는 최적의 CMP 공정이 요구되어지고 있다[1-3]. 특히 ILD(inter-metal dielectric) 층에서 금속간의 피치(pitch) 사이즈가 더 작아짐에 따라 미세한 마이크로 스크래치(micro-scratch)가 회로의 성능을 저하시키고 소자 수율(yield)에 미치는 영향이 매우 커 이러한 결함(defect)들을 줄이기 위하여 많은 연구가 활발히 연구되어지고 있다[4-6].

슬러리(slurry) 측면에서는 살펴보면 절연물질의 CMP 공정 시 사용되는 슬러리의 대부분은 입자(particle) 크기가 대략 0.2  $\mu\text{m}$ 인 폼드 실리카(fumed-silica)로 구성되어 있다. 그러나 이러한 연마

입자들은 연마가 진행되는 동안 슬러리 공급 라인에서 슬러리가 덩어리져(agglomerate) 웨이퍼 표면과 만나서 IMD (inter-metal dielectric)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 심각한 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[7-8]. 이렇게 심각한 결함들을 발생시키는 옹고 현상의 원인으로서는 연마제가 통과하는 파이프관에 고체화된 상태로 형성되기도 하고, 연마제의 제조 시나 운반 시 건조화 되거나 저장 탱크 속에서 온도 변화, pH shock, 습도 변화 등에 영향을 받는다[9].

따라서 본 연구에서는 CMP 슬러리 옹고 특성에

큰 영향을 미치는 슬러리 노화현상(slurry aging effect)에 대해서 알아보았다. 슬러리는 원액의 슬러리와 희석을 한 후의 슬러리 그리고 연마제를 첨가한 슬러리에 대해 시간 경과 후의 응고 현상을 살펴해보았는데 모든 슬러리에서 정도의 차이는 있었지만 슬러리 응고 현상을 보이고 있음을 알 수가 있었다. 이러한 현상은 슬러리 내에서 입자들간의 화학적으로 응력이 커져서 발생하게된다. 이러한 응력의 감소를 위해서 열처리한 연마제를 첨가하여서 슬러리 노화 현상을 줄일 수가 있었다.

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<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 파우더를 첨가한 슬러리, 원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 1500°C로 열처리한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 파우더를 첨가한 슬러리를 제조하였다. 시간의 경과에 따른 입자 크기를 알아보기 위해 그림 1의 PSS(Particle Sizing System)인 Accusizer 780을 사용하여 한달까지의 슬러리의 입도를 관찰하였다.

표 1. 슬러리의 종류.

Table 1. kind of slurry

|   |   |
|---|---|
| 1 | Raw Silica Slurry   |
| 2 | 1:10 diluted Silica Slurry  |
| 3 | add nonannealed Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> powder at 1:10 diluted Silica Slurry |
| 4 | add annealed Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> powder at 1:10 diluted Silica Slurry    |



그림 1. 입도분석기 Accusizer 780

Fig. 1. Particle Size Analyzer Accusizer 780

3. 결과 및 고찰

그림 2는 산화막 CMP 용으로 제작된 실리카 슬러리의 원액과 원액 슬러리와 증류수를 1:10으로 희석시킨 슬러리, 원액 슬러리와 증류수를 1:10으로 희석시킨 다음 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 파우더를 첨가하여 만든 슬러리의 입도 분석을 나타내고 있다.

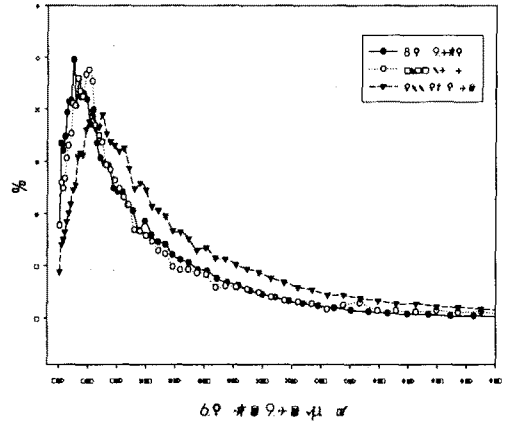


그림 2. 각 슬러리의 입자 크기 분포

Fig. 2. Particle size distributions of each slurry

실리카 원액 슬러리는 1 μm부근에서 가장 많은 입자 크기의 분포를 보였고, 희석 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<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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 3은 원액 실리카 슬러리를 CMP 공정을 위해 교반시킨 후 그 첫째 날과 30일이 경과한 다음 2~3분 다시 교반하여 이 두 슬러리의 입도 분석을 나타낸 것이다.

첫째 날의 원액 실리카 슬러리는 1 μm 부근에서 가장 많은 입자들의 분포를 보였다. 그러나 30일이 경과한 다음에는 1 μm 부근의 입자 분포가 적어지고 입자의 크기가 1.2 μm이상 되면서부터는 30일이 경과된 슬러리의 입자 크기가 커짐을 볼 수 있었다. 이것은 시간이 경과함에 따라 슬러리 내부의 입자들이 서로 엉켜 붙어 응고가 진행됨에 따라 입자 크기가 커진 것으로 생각된다.

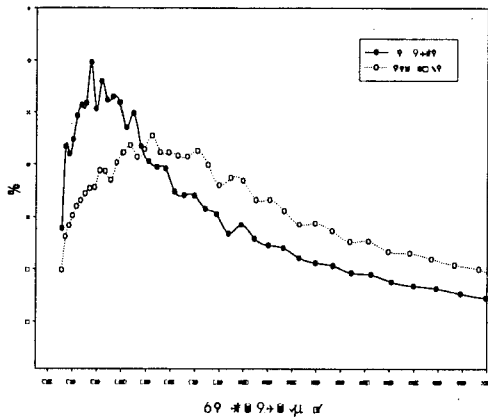


그림 3. 원액 실리카 슬러리의 30일 경과 후 입도 분석 비교  
Fig. 3. Particle size comparative of raw silica slurry after 30 days

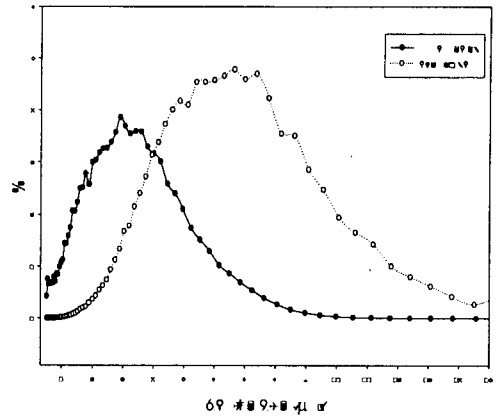


그림 4. 비열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리의 30일 후의 입도 분석 비교

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

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 분석을 보이고 있다.

원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 열처리하지 않은  $Al_2O_3$  파우더를 첨가해 만든 슬러리의 입도 분포는 원액 실리카보다 큰 3~4  $\mu m$  부근에서 가장 많은 분포를 보이고 있다. 이는 열처리하지 않고 바로 슬러리에 첨가한 파우더의 크기만큼 크게 나타난 것으로 보인다. 하지만 30일이 경과한 후에는 처음 제조했을 때 가장 많은 분포를 보였던 3~4  $\mu m$  부근의 분포는 줄어들었고 4~8  $\mu m$ 의 아주 큰 입자들이 보였다. 이것은 파우더를 열처리하지 않아 원액 실리카 슬러리보다 더 빠르고 많은 응고들이 일어난 것으로 보인다.

그림 5는 원액 실리카와 증류수를 1:10으로 희석한 슬러리에 전기로에서 1500°C에서 열처리한  $Al_2O_3$  파우더를 첨가해 만든 슬러리의 제조 첫째 날과 30일이 경과한 후의 입도 분석을 보이고 있다.

그림 4의 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  $\mu m$  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 슬러리와 마찬가지로 응고현상이 일어남으로써 대체적으로 작은 크기의 입

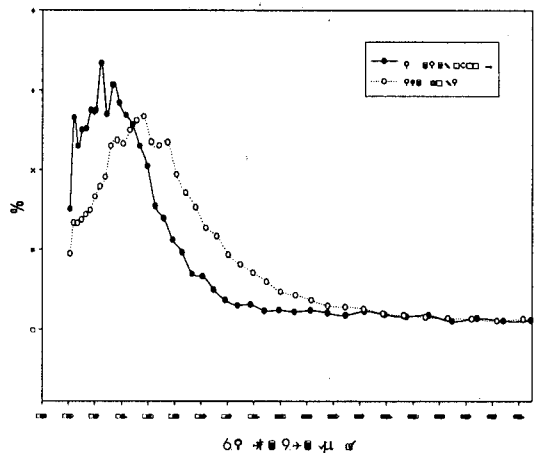


그림 5. 열처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리의 30일 후의 입도 분석 비교

Fig. 5. Particle size comparative of added annealed powder slurry after 30 days

자들은 적어지고 큰 크기의 입자들은 많아진 것을 알 수 있다. 하지만 비열 처리된 파우더를 첨가해 만든 슬러리와 비교해볼 때 열처리된 파우더를 첨가함으로써 앞의 슬러리의 입자 크기의 큰 변화는 보이지 않았다. 이는 열처리된 파우더는 파우더를 열처리함으로 인해 상대적으로 시간이 경과해도 입자들끼리의 응고현상이 적게 나타난 것으로 보인다.

4. 결론

슬러리는 시간이 경과함에 따라 슬러리 Chemical 안에서의 입자들끼리의 인력에 의해 응고 현상이 일어나게 되어 입자의 크기가 더 커짐을 알 수 있었다. 또한 실리카 슬러리를 증류수와 1:10으로 희석시킨 다음 비열처리된 것과 열처리된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 파우더를 첨가하여 만든 슬러리는 30일이 경과 후에는 열처리된 슬러리가 비 열처리된 슬러리보다 응고현상이 적게 일어나 시간에 경과에 따른 에이징 효과가 더 적게 나타났다.

따라서, 본 논문에서 제안하는 바와 같이 연마제 파우더를 열처리한 후 분쇄함으로써 슬러리 응고현상을 막을 수 있었고, 보상효과를 더 꾀할 수 있었다. 또한 CMP 연마 공정에 적용한 결과 1500°C 열처리한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 파우더를 첨가한 슬러리에서 가장 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] 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.

[3] 서용진, 정현상, 김상용, 이우선, 이강현, 장의구, "STI-CMP 공정에서 Torn oxide 결함 해결에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 논문지, 제 14권, 제 1호, pp. 1-5, 2001.

[4] J. Huang, H. C. Chen, J. Y. Wu, and W. Lur, "Investigation of CMP Micro-Scratch in the Fabrication of Sub-quarter Micron VSLI circuit". Proceeding of Chemical Mechanical Polishing-Multilevel Interconnection Conference(CMP-MIC), pp. 77-79, 1999

[5] 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

[6] 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

[7] Yong-Jin Seo, Sung Woo Park, So-Young Jeong, Woon-Shik Choi, Sang-Yong Kim, "Slurry Induced Metallic Contaminations on Different Silicate Oxides by as-deposited and post-CMP Cleaning", Proceeding of CMP-MIC, pp. 287-290. 2001.

[8] 김상용, 서용진, 이우선, 장의구, "실리콘 웨이퍼 위에 증착된 실리케이트 산화막의 CMP 슬러리 오염 특성", 한국전기전자재료학회 논문지, 제 13권, 제 2호, pp. 131-136. 2000.

[9] 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.