

ILD CMP 공정중 발생하는 Scratch 발생기구에 관한 연구

김인곤, 최재건*, 박진구
한양대학교, 하이닉스*

Formation mechanism of scratches on ILD CMP

In-Gon Kim, Jea-Gon Choi* and Jin-Goo Park
Hanyang Univ., Hynix*,

Abstract : ILD CMP process has been well accepted for the planarization of the dielectric oxide film and becomes a critical process in ULSI manufacturing due to the rapid shrinkage of the design rule for the device. In total manufacturing process steps for a device, the proportion of ILD CMP process has been gradually increased. Ever since ILD CMP has been introduced, the scratches have been a major defects on polished surfaces which cause the electrical shorts between vias or metal lines [1,2]. It was reported that micro-scratches are caused by large, irregularly shaped particles during CMP process. Therefore, most of the CMP users have used < 5 m POU filter to remove and reduce the scratch source from the slurry. However, the scratch has always been the biggest concern in ILD polishing whatever preventive actions are taken. Silica and ceria slurries are widely used for ILD CMP process. There are not much differences in generated scratches and their formation mechanism. In this study, the scratches were investigated as a function of polishing conditions with possible explanation on formation mechanism in ILD CMP.

Key Words : chemical mechanical planarization (CMP), ILD CMP, microscratch

1. 서론

연마방식으로 절연물질의 평탄화가 주 목적이었지만 최근 들어서는 그 목적과 방법이 매우 다양해지고 있다. 이러한 다양한 목적을 달성하기 위한 CMP 공정에서의 많은 소비재(consumable parts)의 사용은 scratch와 같은 defect 발생의 주 원인이 되기도 한다. 특히, slurry, polishing pad, diamond disk 등에 의해서 많은 scratch가 발생되고 있다. CMP 공정에서의 scratch에 대해서는 지금까지 많은 연구가 이루어져왔고 그에 따른 많은 개선의 결과를 보였다. 하지만 소자의 design rule의 감소로 인해 점점 더 scratch가 yield에 미치는 영향이 증가하고 있기 때문에 좀 더 많은 개선을 필요로 하고 있다. 특히, ILD CMP에서 발생하는 scratch는 많은 시간 동안 연구되었음에도 불구하고 여전히 많은 개선이 필요하다.

일반적으로 ILD CMP에서 발생하는 scratch는 brittle fracture의 한 종류인 caterpillar type의 형태로 발생하고 있다. 본 연구는 ILD CMP 공정에서 발생하는 scratch의 발생 기구에 대한 것으로 polishing pressure, rotation speed와 같은 CMP 공정 조건 변화 및 slurry내 large particle 개수 변화가 scratch 발생에 미치는 영향에 대해서 살펴보았다.

2. 실험

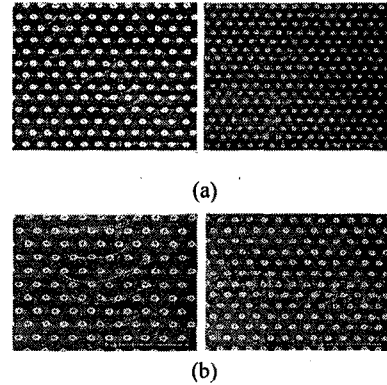


그림1. CMP후의 scratch의 형태 (a) silica slurry (b) ceria slurry 사용.

High Density Plasma (HDP) Chemical Vapor Deposition (CVD) 장비를 이용하여 실험에서 사용된 200 mm Si 웨이퍼 위에 6000 Å 두께의 산화막을 성장시켰다. 또한 slurry는 fumed silica (12wt%)와 ceria (5wt%)를 사용하였다. pad는 k-groove를 모양을 지닌 IC-1010 pad (Rohm and Haas)를 사용하였다. 우리는 pad 타입에 따른 scratch의 형성을 살펴보기 위해서 3가지 타입의 pad를 사용하였다. 하나는 groove와 pore들이 규칙적으로 분포되어 있는 pad이다. 다른 하나는 기공이 없이 오로지 groove만 있는 타입이며, 마지막은 groove없이 기공만 있는 타입을 준비하였다. 모든 CMP 실험은 4개의 polishing head와 3개의 platen이 있는 200mm Mirra 폴리셔 장비를 사용하였다. SEM (S-5500,

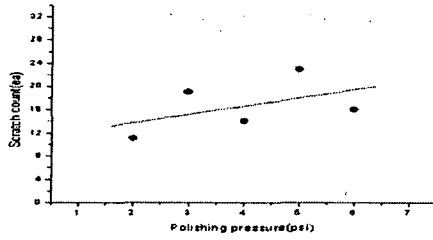


그림2. polishing 후의 압력에 따른 발생한 scratch의 수.

Hitachi) 장비를 이용하여 pad와 웨이퍼표면을 관찰하였다. wafer에 생긴 scratch는 PUMA9100 (KLA-Tencor)장비를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림1은 fumed silica slurry와 ceria slurry를 사용하여 ILD CMP후의 scratch를 나타낸다. 두 슬러리에서의 물리적인 성질이 다를지라도 scratch의 형상은 비슷하다. 그것은 ILD CMP scratch의 발생 메카니즘이 slurry 내의 abrasive의 형상과 직접적인 연관이 없을 수도 있다는 것을 의미한다. Sommerfeld Number (SN)는 polishing pressure가 증가할 때 감소하며, 아래의 식과 같다:

$$SN = \frac{V \cdot \mu}{P \cdot \sigma_{eff}} \quad (1)$$

여기서, V는 pad와 웨이퍼 사이의 sliding 속도이고, P는 웨이퍼에 가해진 압력이고, μ 는 슬러리의 속도이고, σ 는 pad와 웨이퍼 간의 유체 film의 두께이다. Coefficient of friction (COF)와 SN의 함수로 나타낸 것이 Stribeck-Gumbel 그래프이다.[3] 그림 2는 압력의 함수로 CMP후의 산화막 위의 scratch의 수를 나타낸 것이다. SN에서도 알 수 있듯이 pressure가 증가할수록 pad와 wafer surface의 friction force가 증가하게 되고 SN이 감소함에 따라 두 surface간 direct contact 비율이 증가하기 때문에 결과적으로 scratch가 증가한다고 볼 수 있다. 그림3은 polishing head와 platen 사이의 상대적인 속도에 따른 scratch 발생 연관성을 나타낸다. 그 결과 scratch의 수는 어느 특정 구간에 감소하는 것을 보였는데, 이는 rotation speed 변화에 따른 pad와 wafer사이의 slurry film thickness변화, 또는 polishing 동안 사용된 slurry의 pad위 잔류 시간과 연관이 있을 것으로 예상된다.

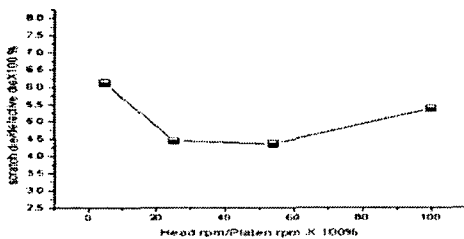


그림3. Head와 platen speed의 ratio에 따른 scratch의 수.

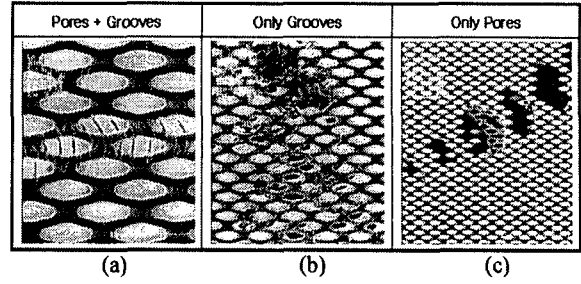


그림4. CMP후의 다양한 pad 타입에 따른 각각의 scratch의 SEM image. (a) pores and grooves (b) only grooves (c) only pores

scratch를 일으키는 주요 원인 중의 하나는 polishing pad이다. 그림 4은 pad 타입에 따른 각각의 scratch의 image를 나타낸다. 기공이 없는 pad의 경우 산화막이 polishing 되었을 때 가장 큰 defect size를 볼 수 있었다.

4. 결론

이 연구에서는 다양한 pad 타입에 pattern wafer를 사용하여 ILD CMP scratch의 발생 기구를 조사하였다. CMP 동안 polishing pad와 slurry, diamond disk와 같은 소비재들이 wafer surface의 scratch와 오염에 영향을 미침을 알 수 있었다. ILD CMP동안에 발생한 scratch의 모양은 애벌레 형태와 유사하였다. CMP scratch는 polishing pressure와 rotation speed와 같은 polishing 조건들의 변화에 의해 줄일 수 있다. 즉, scratch의 숫자는 polishing pressure의 증가에 따라 증가하였다. polishing pad는 여전히 scratch를 줄이기 위한 중요한 소비재이다. pad내의 groove와 pore는 pad와 wafer 사이의 slurry의 분배에 있어서 중요한 역할을 한다. pad내 groove와 pore가 없을 때, polishing rate는 감소하였고, scratch의 수와 크기는 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부와 산업자원부, 노동부 및 BK21 사업단의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] S. J. Fang, S. Garza, H. Guo, T. H. Smith, G. B. Shin, J. E. Campbell, and M.L. Hartsell: *J. Electrochem. Soc.*, 147(2), (2000), p.682.
- [2] S. D. Aytes, J. S. Armstrong, K. A. Mortensen, J. E. Giraud, D. H. Hooper, H. M. Alexander, T. A. Corsetti, M. M. Nelson, M. W. Engle, and J. Prasad: *Proc. 15th Int. Symp. University/Government/Industry Microelectronics*, 2003(2003), p.107.
- [3] K. Ludema, *Friction, Wear and Lubrication: A Textbook in Tribology*, (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1996)