

Cu CMP 공정중 Wafer 표면의 알루미나 연마입자의 점착

홍의관, 박진구

한양대학교 금속재료공학과

Adhesion of Alumina Slurry Particles on Wafer Surfaces during Cu CMP

Yi-Koan Hong, Jin-Goo Park

Department of Metallurgy and Materials Engineering, Hanyang University,
Ansan, 425-791, Korea

Abstract

본 연구는 Cu CMP공정 중 알루미나 연마입자의 wafer 표면에서의 점착과 오염을 AFM (Atomic Force Microscopy)을 사용하여 슬러리내에서 점착력 측정과 실제 연마 후 wafer 표면의 오염을 실험적으로 비교 평가하였다. 연마입자의 adhesion force 측정에 있어서도 역시 wafer들의 zetapotential 결과와 잘 일치하였으며, 모든 wafer 종류에 관계없이, 산성 영역에서 염기성영역의 슬러리가 적용됨에 따라 adhesion force가 작아짐을 확인할 수 있었다. 특히 FSG wafer의 zetapotential 결과는 비록 산성 분위기에서는 양성 전하값을 나타내었으나, 염기성 분위기의 pH에서는 급격하게 음성 전하값을 나타내었고, 이는 adhesion force결과와 FESEM 결과와 잘 일치하였다.

Key Words : Cu CMP, Adhesion Force, Particle Contamination

1. 서 론

CMP(Chemical Mechanical Planarization)는 화학적 기계적 평탄화 작업으로, 미세 회로 선폭과 다층배선의 제조를 위해 등장한 반도체 제조 기술이다. 최근들어 배선의 경우에 Cu가 가지는 뛰어난 전기적 성질을 이용하기위해 기존 알루미늄 재료를 사용한 배선에서 구리를 사용한 배선으로 다층배선 제조 공정이 바뀌어 감에 따라 Cu CMP의 적용은 필수적인 공정으로 자리잡고 있다 [1].

또한 반도체 공정기술이 단층배선에서 5개층 이상의 다층배선구조로 바뀌면서 배층 사이에 불필요한 기생 축전기능이 발생하는것을 방지해야 할

필요성이 대두되면서 절대 상수 값이 낮은 저유전막 기술개발도 활발하게 진행되고 있다. 따라서 기존에 주로 사용되던 TEOS에서 최근 다양한 low-k 물질들이 개발되고 있으며, 이들 low-k의 종류로는 SILK, Aurora 등 다양한 물질들이 개발되고 있다 [2].

이러한 Cu CMP 공정을 위해 많은 Slurry들이 개발되고 있고, 각 특성에 따라 여러 종류의 연마입자들이 사용되고 있다. 그러나 이들 슬러리내의 연마입자로 인해 공정후에 오염원으로 작용하게 되어 많은 문제를 발생시킨다 [3].

특히 배선재료로 사용되는 Cu와 배선과 층간 절연재료로 사용되는 물질들 표면에서의 연마입자 오

염은 반드시 제거 되어야 할 대상으로 많은 Cleaning 공정 연구에서 연구가 필요하다.

본 연구는 Cu CMP공정 중 알루미나 연마입자의 wafer 표면에서의 접촉과 오염을 AFM (Atomic Force Microscopy)을 사용하여 슬러리내에서 접촉력 측정과 실제 연마 후 wafer 표면의 오염을 실험적으로 비교 평가하였다.

2. 실험

2.1 Adhesion Force 측정

연마입자가 wafer표면에 대해 오염시키는 정도를 나타내는 adhesion force 측정 실험을 위해 electro-plated Cu (10000Å, 0.016Ω/□)와 Ta (13 μΩcm) 는 실험 전에 회석된 HF (DHF, 0.01 Vol%)를 사용하여 30초간 표면 세정을 하였으며, TEOS, SILK, FSG는 SPM 세정법을 사용하여 표면세정을 하였다.

Alumina 파티클과 Cu, Ta, TEOS (Tetraethyl Oethosilicate), SILK, FSG (Fluorine-doped Silicate glass), Aurora wafer 표면간의 직접적인 adhesion force를 측정하기위해 Atomic Force Microscope (AFM, Park Scientific Instruments CP Research)를 사용하여 평가되었다. 이를 위하여 그림. 1과 같이 직경 40μm 크기의 구형 alumina (Micron Co.) 입자를 사용하여 Si₃N₄ tipless cantilever (B type)에 부착하였다.

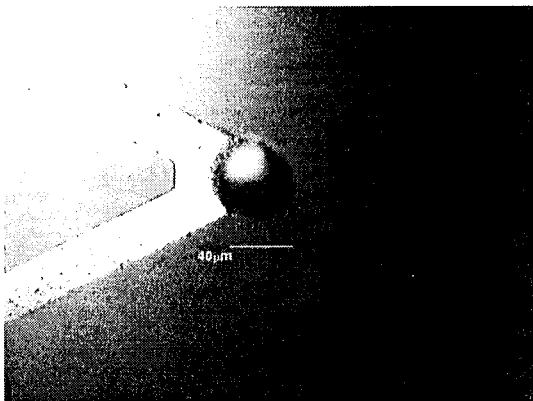


그림 .1 AFM-tipless cantilever에 부착된 구형 알루미나 입자(직경 40μm).

Alumina 파티클과 각 웨이퍼 표면의 adhesion force는 liquid cell내에서 실험적으로 측정되었으며, 슬러리의 pH에 대한 alumina particle과 wafer 표면간의 adhesion force를 측정하기 위해 각 용액을 pH 3, 7, 11로써 각각 산성, 중성, 염기성 상태로 적정하였다. pH 적정은 HCl과 NaOH을 사용하여 각각 적정하였다.

2.2 Zetapotential 측정

실험에 사용된 각 표면의 zetapotential을 측정하기 위해 LEZA600 Laser Electrophoresis zeta potential analyzer (Otsuka Electronics Co.)를 사용하여 평가되었다.

연마입자 표면의 zetapotential을 측정하기 위해 alumina particle을 pH 전 구간별로 측정하였다. Cu와 Ta 표면의 zetapotential 측정의 경우 이들 표면의 높은 conductivity로 인해 평판을 사용한 직접적인 측정이 불가능 하였기에 Cu와 Ta 표면의 Zetapotential의 측정을 위해 Cu와 Ta powder (Aldrich, 1μm)를 사용하여 평가하였다. TEOS, SILK, FSG 표면 측정을 위해서 wafer를 사용한 평판 제타포텐셜을 측정하였다. pH 적정은 앞서 adhesion force측정과 마찬가지로 HCl과 NaOH을 사용하여 각각 적정하였고, ionic strength는 KCl을 사용하여 10⁻³M로 고정하였다.

2.2 연마입자 오염 평가

Cu CMP 공정 후 각 wafer 표면에 대해 연마입자 제거 및 오염상태를 평가하기 위해 실제 Cu CMP공정이 끝난 후 각 wafer를 슬러리의 pH조건에 따라 공정처리한 후 N₂ 건조방법을 사용하여 표면을 건조시켰다. 건조 후 Field - emission scanning electron microscopy (FESEM, JSM-6330F, JEOL Co.)을 사용하여 각 wafer 표면위의 연마입자 오염정도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

슬러리용 연마입자로 사용된 γ-alumina particle의 zetapotential값과 연마입자의 크기가 그림. 2에서와 같이 측정되었다. alumina의 zetapotential은 pH에 따라 감소하였으며, 등전위점(IEP,

isoelectric point)는 pH 9.8에서 측정되었다. 입자 크기는 pH에 따라 그다지 큰 변화는 관측되지 않았다.

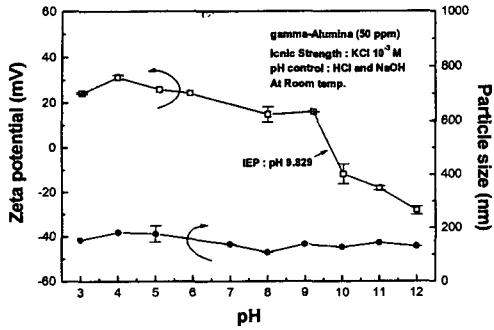


그림. 2 pH변화에 따른 γ -alumina particle 표면의 zetapotential.

wafer의 경우 pH에 따른 zetapotential 측정 결과는 그림. 3에 도시되어 있다. 산성 분위기의 슬러리 용액에서 FSG와 Ta를 제외한 Aurora, SILK, TEOS, Cu wafer의 경우는 전 pH구간에 대해 전부 음성 전하값을 나타내었다.

FSG wafer의 경우에 있어서는 비록 산성분위기에서는 양성 전하값을 나타내었으나 염기성 분위기의 pH에서는 급격하게 음성 전하값을 나타내었으며, pH 9에서 -120mV의 가장 낮은 음성전하 값을 나타내었다.

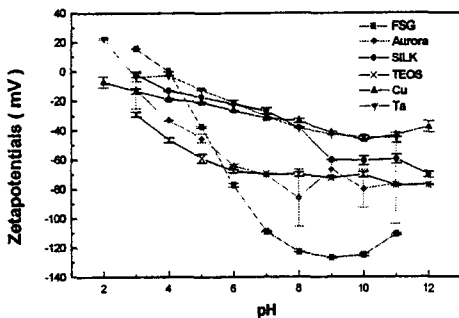


그림.3 pH변화에 따른 wafer 표면의 zetapotential

그림. 4는 alumina 연마입자와 각 wafer들 간의 adhesion force의 측정 결과이다. 각각 pH3, 7, 그리고 11의 용액에 대해 측정되었다.

가장 낮은 adhesion force는 염기성 분위기인 pH 11에서 FSG와 alumina particle 사이 간의 adhesion force이다.

또한 각 모든 wafer 종류에 관계없이, 산성 영역인 pH3에서 adhesion force가 모두 상대적으로 크며, pH 7, pH 11에 따라 adhesion force가 작아짐을 확인할 수 있었다.

이와 같은 결과는 그림. 3에서 본 것과 같이 zetapotential에 adhesion force값이 기인함을 확인할 수 있었다.

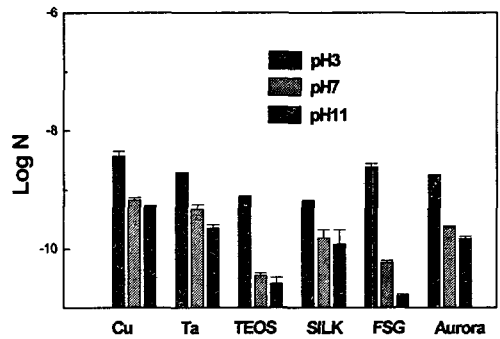


그림. 4 Slurry 용액별 pH에 따른 alumina particle과 wafer들 간의 adhesion force 값.

앞서의 Slurry 용액별 pH에 따른 alumina particle과 wafer들 간의 측정된 실험적인 adhesion force 값을 확인하기 위해 CMP 공정 후 alumina 연마입자의 각 wafer 오염정도를 FESEM을 통해 확인하였다.

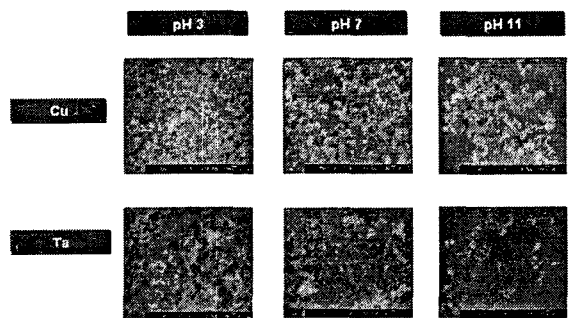


그림. 5 Metal wafer 표면에서의 잔류된 alumina 연마입자의 FESEM 관측 image.

그림. 5에서 확인할 수 있듯이 두 wafer에 대해 앞서 결과처럼 pH가 염기성으로 갈수록 alumina 연마입자의 오염정도가 줄어들어 있음을 확인할 수 있었다. 또한 Cu와 Ta wafer에 대한 adhesion force 측정 결과에서 Cu의 경우 Ta보다 더욱 많은 연마입자 오염을 나타내었음을 볼 수 있는데, FESEM image 역시 같은 결과를 가짐을 확인하였다.

그림. 6에서는 ILD용 wafer 물질들에 대해 alumina 연마입자의 각 wafer 오염정도를 FESEM 을 통해 확인하였다.

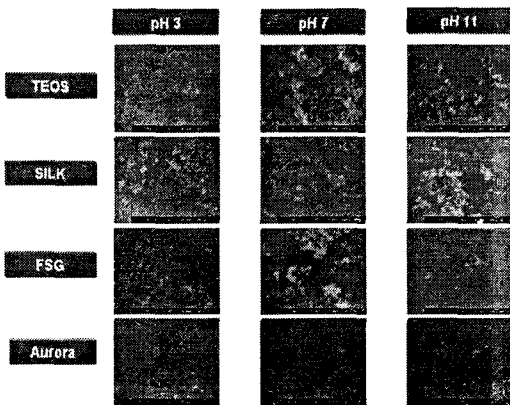


그림. 6 ILD용 wafer 표면에서의 잔류된 alumina 연마입자의 FESEM 관측 image.

FSG의 경우 초기의 많은 alumina 연마입자는 슬러리의 pH가 염기성 분위기로 갈수록 급격하게 줄어들어 있음을 확인할 수 있으며, 이는 zetapotential 결과와 잘 일치함을 통해 설명이 가능하였다. 이와 같은 결과를 통해 볼때, FSG가 실제 공정에서도 역시 alumina 연마 입자가 잘 제거 되리라 판단되었다.

4. 결론

본 연구에서는 CMP 슬러리를 alumina 연마입자와 공정에 사용되는 wafer들 간의 오염평가를 AFM을 통한 particle adhesion force평가를 비교평가를 목적으로 실험하였다.

wafer의 zetapotential 측정에 있어, 산성 분위기의 슬러리 용액에서 FSG와 Ta 를 제외한 Aurora, SILK, TEOS, Cu wafer의 경우는 전 pH구간에 대해 전부 음성 전하값을 나타내었다.

FSG wafer의 경우에 있어서는 비록 산성분위기에서는 양성 전하값을 나타내었으나, 염기성 분위기의 pH에서는 급격하게 음성 전하값을 나타내었다. 연마입자의 adhesion force측정에 있어서는 역시 wafer들의 zetapotential 결과와 잘 일치하였으며, 모든 wafer 종류에 관계없이, 산성 영역인 pH3에서 adhesion force가 모두 상대적으로 크며, pH 7, pH 11에 따라 adhesion force가 작아짐을 확인할 수 있었다.

adhesion force의 측정에 있어서 특히 FSG는 염기성 분위기로 갈수록 alumina 연마입자의 제거효율이 급격하게 좋아진 것을 볼 수 있었다. 또한 FESEM을 통한 공정 후 오염평가에서도 adhesion force 측정결과와 잘 일치함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구에 많은 도움을 주신 삼성전자 한자형 과장님께 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] J.R. Lloyd, Microelectron. Reliab. Vol 39., pp. 1595-1602, (1999)
- [2] F. Kuchenmeister, U. Schubert and C. Wenzel, Microelectronic Engineering, Volume 50, Issues 1-4, January 2000, Pages 47-52
- [3] M. Eissa, S. Joshi, G. Shinn, S. Rafie and B. Fraser, PV.99-37, pp.499-505, The Electrochemical Society Proceedings Series, Pennington, NJ (1999)