

Poly-Si, TEOS, SiN 막질의 CMP 공정 중의 연마입자 오염 특성 평가.

김진영, 홍의관, 박진구[†]

한양대학교 재료화학공학부

The Adhesion of Abrasive Particle during Poly-Si, TEOS and SiN CMP

Jin-young Kim, Yi-kwan Hong, Jin-Goo Park[†]

Hanyang Univ.

Abstract : The purpose of this study was to investigate the root cause of adhesion of silica and ceria particles during Poly-Si, TEOS, and SiN CMP process, respectively. The zeta-potentials of abrasive particles and wafers were observed negative surface charges in the alkaline solutions. SAC and STI patterned wafers have intermediate values of their composition surface's zeta potentials. The theoretical interaction force and adhesion force of silica and ceria particle were calculated in solution with acidic, neutral and alkaline pH. A stronger attractive force was calculated for silica and ceria particles on wafers in acidic solutions than in alkaline solutions. The theoretical interaction forces of the SAC and STI patterned wafers have intermediate values of their constitution wafer's values. The adhesion forces is observed lower values in alkaline solutions than in acidic solutions. And the ceria particle has lower adhesion than that of the silica particle.

Key Words : CMP, Zeta-potential, Interaction force, Adhesion force, abrasive particle

1. 서론

반도체 device의 성능을 향상시키기 위해, 최근 패턴은 더욱 고집적화 되고 이에 다층배선 구조를 가지게 되었으며 요구되는 선폭도 더욱 미세해지게 되어 CMP 공정이 도입되었다. 이러한 CMP 공정은 연마 입자와 화학적 첨가제가 함유된 슬러리 용액을 사용하여 그림 1과 같이 화학적, 기계적으로 device가 형성된 wafer 평탄화 공정이 진행된다. 최근 CMP 슬러리 연마입자로는 주로 silica가 많이 사용되고 있으며 구성 막질간의 selectivity 제어를 위해 STI CMP에 대한 연마입자로는 주로 ceria particle이 사용되고 있다. 하지만 CMP 공정이 끝난 후 연마 입자의 오염은 Device 표면에 잔류하여 심각한 문제를 발생시키므로 슬러리 연마 입자의 제거는 반드시 필요하다.

본 연구는 입자 종류에 따른 wafer 표면위의 연마입자의 부착력 연구를 통해 효과적인 세정방법을 제시하고자 한다.

연마 입자 부착력의 이론적 계산을 위한 pH에 따른 wafer와 연마 입자의 표면 전하거동을 조사하기 위해 LEZA 600 (Otsuka Electronics Co., Japan)을 사용하여 zeta potential을 측정하였으며, wafer 표면에 대한 연마입자의 부착력을 측정하기 위해 AFM (Atomic Force Microscopy, XE-100, PSIA, Korea)를 사용하여 직접적으로 평가되었다.

연마 입자는 silica와 ceria particle을 사용하였고 wafer는 TEOS, Poly-Si, SiN 그리고 SiN과 TEOS로 이루어진 STI와, SiN과 Poly-Si으로 이루어진 SAC pattern wafer를 사용하여 연마 입자와 wafer 막질간의 부착력을 평가하였다.

2.2 실험방법

DLVO(Derjagui-Landau-Verway-Overbeek) 계산을 통하여 이론적으로 wafer와 연마입자간의 interaction force를 평가하였다. pH는 NH₄OH와 HCl로 적정되었으며 silica particle은 1000ppm, ceria particle은 500ppm으로 DI water에 첨가하였다. 또한 LEZA 600을 사용하여 각 pH 영역에서의 wafer와 연마입자의 zeta potential을 측정하였다. 연마입자와 wafer의 부착력을 실험적으로 측정하기 위해 tipless cantilever에 구형의 40μm silica particle과 형태는 불규칙하지만 40μm ceria particle을 부착하여 pH 3, pH 7 그리고 pH 11의 수용액내에서 AFM을 통해 각 wafer 막질에 대한 연마입자 부착력을 평가하였다. pH 적정제로서는 동일하게 NH₄O와 HCl을 사용하였다. 마지막으로 연마 입자와 wafer간의 부착력을 가시적으로 확인하기 위한 오염도 실험을 실시하였다. 이는 pH 3, pH 7 그리고 pH 11로 적정한 용액에 silica particle과 ceria particle을 0.1ppm 첨가한 후 2cm×2cm로 자른 각 wafer를 1분간 용액에 담갔다. 1분간 dipping후 꺼내어 30초간 DI에 Rinsing후 60℃의 오븐에

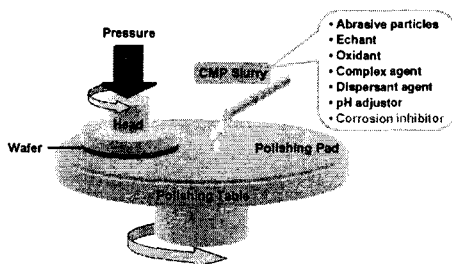


그림 1. CMP 공정의 모식도

2. 실험

2.1 실험장치

넣어 건조시켰다. 이렇게 처리한 시편들을 optical microscope으로 오염도를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

각 연마입자와 wafer의 zeta-potential을 측정한 결과 silica particle은 IEP(isoelectric point)를 pH 3에서 가지고 ceria particle의 경우 pH 전 구간에 걸쳐서 negative한 surface charge를 나타냈다. 그림 2는 wafer들의 zeta-potential을 나타내고 있다. SiN의 경우 pH에 따라 큰 변화를 보이고 있다.

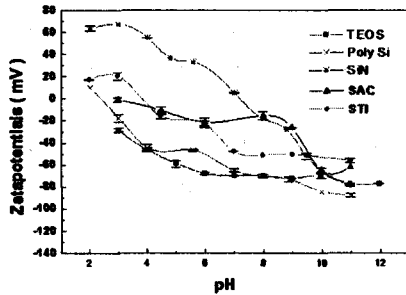


그림 2. Zeta potentials of wafers

표 1은 연마입자와 각 wafer간의 interaction force을 DLVO(Derjaguin-Landau-Verway-Overbeek) 이론을 이용하여 계산한 이론적인 값이다. Blanket wafer의 경우 pH가 높아 질수록 척력의 강해지는 경향을 보인다. Patterned wafer의 경우에도 마찬가지로 나타난다. 염기성 분위기에서 연마입자와 wafer간의 부착력이 낮아진다는 것을 이론적으로 알 수 있다. 이는 연마입자와 wafer의 zeta potential이 염기성 분위기에서 모두 negative charge를 갖는 것의 영향이라 판단된다.

표 1. Interaction force (nN)

| | | pH 3 | pH 7 | pH 11 |
|-----------------|---------|--------|--------|-------|
| Silica particle | TEOS | -0.57 | 3.17 | 3.26 |
| | Poly-Si | -1.50 | 2.15 | 2.89 |
| | SiN | -0.26 | -1.22 | 2.88 |
| | SAC | -1.08 | 1.36 | 1.84 |
| Ceria particle | TEOS | 17.85 | 53.67 | 27.50 |
| | SiN | -78.88 | -16.99 | 24.25 |
| | STI | -24.36 | 7.99 | 19.34 |

표 2는 연마입자와 wafer간의 adhesion force 측정 결과를 나타낸 표이다. Silica particle의 경우 Poly-Si wafer와의 adhesion force가 가장 강한 것으로 측정되었고 이는 attractive force에 기여하는 van der waals force에 큰 영향을 주는 Hamaker constant값이 가장 크기 때문이다. Adhesion force 역시 interaction force와 마찬가지로 염기성 분위기에서 작아지는 경향을 나타낸다. 그리고 patterned

wafer는 각 구성 물질 wafer의 중간 값을 나타냈으며 ceria particle은 pH 전 구간에서 1nN 이하의 약한 adhesion force를 가졌다.

표 2. Adhesion force (nN)

| | | pH 3 | pH 7 | pH 11 |
|------------------------------|---------|---------|----------|---------|
| Silica (40 μ m particle) | TEOS | 35.5 | 6.5 | 1.2 |
| | Poly-Si | 115 | 32.2 | 3.2 |
| | SiN | 74 | 34.5 | 3.5 |
| | SAC | 23 | 13 | 0.00148 |
| Ceria (40 μ m particle) | TEOS | 0.1 | 0.004 | 0.00145 |
| | SiN | 0.98324 | 0.440525 | 0.22 |
| | STI | 0.62 | 0.25 | 0.135 |

4. 결론

Silica particle의 경우 Poly-Si에서 가장 큰 adhesion force를 가지고 silica and ceria particle 모두 염기성 분위기에서 모든 wafer에 대해 낮은 adhesion force를 가졌다. 이는 염기성 분위기에서 연마입자와 wafer 모두 negative charge를 갖는 것의 영향이다. 또한 염기성 분위기에서 wafer상의 연마입자 오염이 감소할 것이라는 것을 알 수 있다. 그리고 ceria particle이 silica particle보다 낮은 오염도를 나타낼 것을 알 수 있다. 이는 염기성 분위기에서 척력이 강해지며 ceria particle이 silica particle보다 강한 척력을 보여주는 이론적 계산과 일치하는 결과이다.

감사의 글

본 연구는 Post BK 21사업, 교육부, 인적자원개발부, 산업자원부 그리고 노동부의 재정적 지원으로 수행한 최우수 연구실 육성 과제의 연구비로 수행 되었으며, 도움을 주신 (주)삼성전자 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] A.W.Adamson and A.P. Gast, Physical Chemical of Surfaces, pp.250-276, John Wiley & Son, Inc., New York (1997)
- [2] R.J.Strokes and D.F.Evans, Fundamentals of Interfacial Engineering, p.145, Wiley-VCH, Inc., New York (1997)
- [3] P.C.Hiemenz, Principle of Colloid and Surface Chemistry, p.645, Marcel Dekker, New York (1986)
- [4] D.J.Shaw, Introduction to Colloid and surface Chemistry, 4th ed., p.214 Butterworth-Heinemann, Woburn, MA.
- [5] H.Reerink and J.Th.G.Overbeek, Discuss. Faraday Soc., 18, 77 (1954)
- [6] J.N.Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces, p.241, Academic Press, New York (1992)