

나노 세리아 슬러리에 첨가된 연마입자와 첨가제의 농도가 CMP 연마판 온도에 미치는 영향

김성준*, Katoh Takeo*, 강현구*, 김민석*, 박재근*

*한양대학교 나노 SOI 공정 연구실

초 록

We investigated the effect of the abrasive and additive concentrations in Nano ceria slurry on the pad surface temperature under varying pressure through chemical mechanical polishing (CMP) test using blanket wafers. The pad surface temperature after CMP increased with the abrasive concentration and decreased with increase of the additive concentration in slurries for the constant down pressure. A possible mechanism is that the additive adsorbed on the film surface during polishing decreases the friction coefficient, hence the pad surface temperature gets lower with increase of the additive concentration. This difference of temperature was more remarkable for the higher concentration of abrasives. In addition, in-situ measurement of spindle motor was carried out during oxide and nitride polishing. The averaged motor current for oxide film was higher than that for nitride film, which means the higher friction coefficient.

1. 서론

최근 ULSI 의 STI(Shallow Trench Isolation)공정에서 소자의 고속화 및 고성능화에 따른 배선 층수의 증가와 배선 패턴 미세화에 대한 요구가 갈수록 높아짐에 따라 광역평탄화가 가능한 CMP(Chemical Mechanical Polishing)공정의 중요성이 더해가고 있다[1]. CMP 공정에 사용되는 연마 소모재의 요소 중 하나인 연마판(pad)은 실제 연마 시 연마판 표면의 온도에 따른 연마속도의 재현성 확보에 중요한 역할을 한다. 이러한 연마판은 똑같은 연마 시간을 전체 웨이퍼에 적용하였을 경우 가압되는 압력이나 슬러리의 종류, 케미칼의 양에 따라 표면 온도의 차이를 유발할 수 있고, 이로 인해 CMP 공정시 웨이퍼 상에 증착되어 있는 막질의 두께 차이를 유발하게 됨으로 연마판 전면의 균일한 온도가 연마시 중요한 요소로 작용될 수 있다.

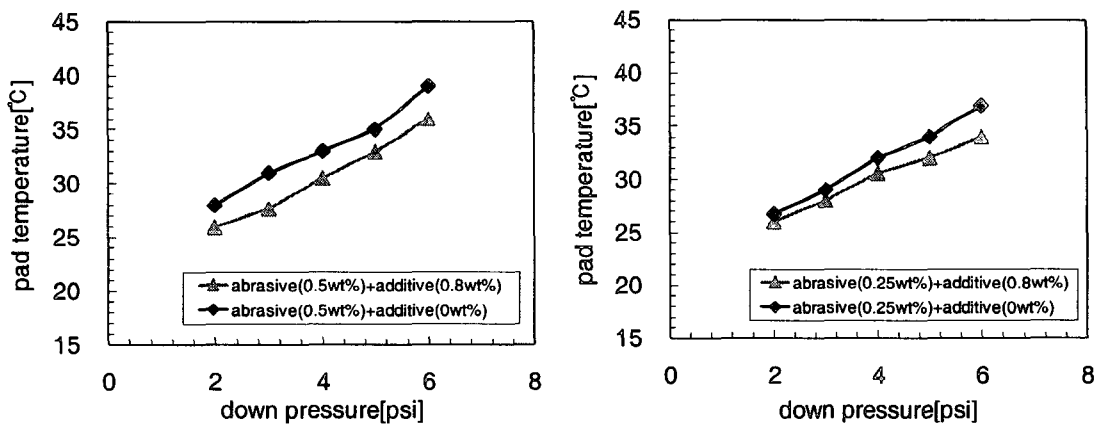
본 연구에서는 자체적으로 개발된 고 선택비를 갖는 고성능 나노 세리아 슬러리를 이용하여 연마입자와 첨가제의 농도를 달리하여 STI CMP 공정에 적용함으로써 웨이퍼 전면의 광역 평탄화와 in-situ 로 연마판의 온도를 계측하여 자동 모니터링이 가능한 연마종점 검출장치[2] 개발에 필요한 검출기술 확보와 슬러리 내의 연마입자의 농도 및 첨가제의 농도와 연마시간에 따른 연마판의 온도 의존성에 관하여 연구하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 8인치 실리콘 웨이퍼를 사용하였으며, 산화막은 PETEOS와 질화막은 LPCVD 의해 증착된 것으로, 증착된 두께는 각각 7000Å, 1500Å이다. 그리고 CMP 장비는 6EC(Strasbaugh, U.S.A)를 사용하였으며, 연마판(pad)은 IC1000/Suba(Rodel)이다. 그리고 연마 시 적용된 압력은 2~6psi(Pounds Per Square Inch), 헤드와 정반(table)의 회전속도는 각각 70rpm이다. 산화막과 질화막의 선택적 연마 조건을 만들기 위해 첨가제로 음이온 계면활성제를 첨가 하였다. 연마입자의 농도는 0.25, 0.5, 1wt%로 첨가제의 농도는 0~0.8wt%로 다르게 하면서 실험을 진행하였다. 연마판의 온도 계측을 위해 디지털 방식의 이중 멀티미터(Metex, Korea)와 동시에 자체 제작된 자동 온도 측정기(Cole Parmer, U.S.A)를 CMP 장비에 설치하여 실험 시 실시간 자동 온도 계측이 가능하도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

슬러리 내 연마입자의 농도 대비 첨가제의 농도와 연마시간에 따른 연마판의 온도 의존성에 관한 결과를 그림 1 에 나타내었다. 그림 1 에서 (a)는 CMP 공정시 0.5wt%의 연마입자 농도에 첨가제의 농도를 변화시켜서 실험을 진행한 결과 연마판의 온도는 첨가제의 농도가 높을 경우 막질에 첨가제들이 더 많이 흡착되어 첨가제가 포함되지 않은 경우보다 연마시 연마판의 온도가 더 낮은 것을 관측 할 수 있었다. (b)는 0.25wt%의 연마입자 농도에 첨가제의 농도가 높을 경우 온도 변화는 압력이 증가됨에 (a)와 같이 연마판의 온도가 더 낮게 관측되었다.

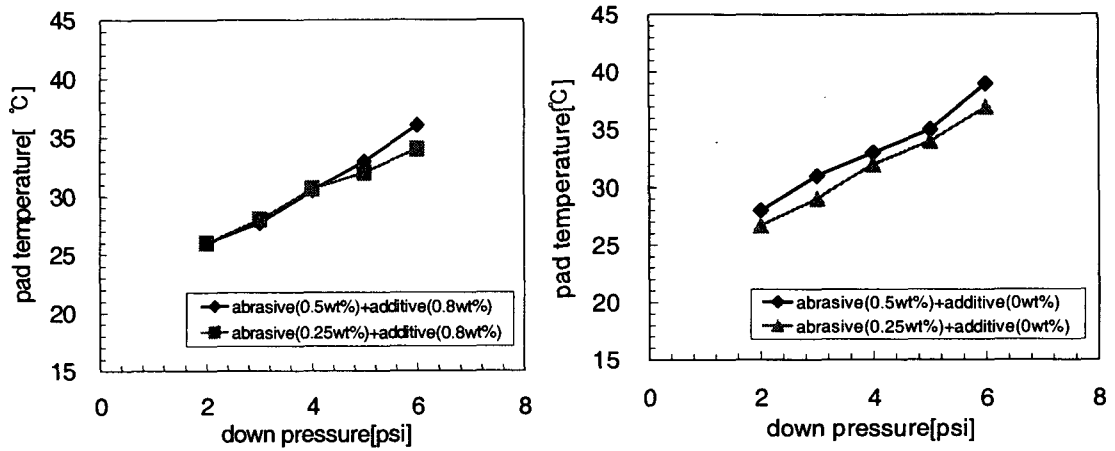


(a)0.5wt% 연마입자 농도 vs. 첨가제 농도 변화 (b)0.25wt% 연마입자 농도 vs. 첨가제 농도 변화

그림 1. 일정한 연마입자 농도에서 첨가제의 농도에 따른 압력 변화에 의한 연마판의 온도 변화

그림 2 는 일정한 첨가제의 농도에 따른 연마입자의 농도 변화가 CMP 공정 중 압력 변화에 의해 연마판의 온도 변화에 미치는 영향을 관찰한 것이다. 그림 2 (a)는 0.8wt%의 첨가제 농도에서 연마입자의 농도 변화에 따른 연마판의 온도변화를 측정된 것으로 4psi 이하의 압력에서는 온도 변화가 미비하다가 4psi 이상의 압력에서는 연마입자의 농도가 높은 것이 연마판의 온도를 상승시키는 것을 알 수 있었다. 또한 첨가제가 첨가되지 않은 (b)의 경우 연마입자의 농도 변화에 따라서 CMP 장비의 압력 변화시 기계적인 힘의 영향으로 연마 입자들이

연마판의 온도 변화는 연마입자의 농도가 높을 경우 연마판의 온도가 더 높은 것을 관측 할 수 있었다.



(a) 0.8wt% 첨가제 농도에서 연마입자의 농도 변화에 따른 연마판의 온도변화 (b) 첨가제가 없을 경우 연마입자의 농도변화에 따른 연마판의 온도변화

그림 2. 일정한 첨가제 농도에서 연마입자의 농도에 따른 압력 변화에 의한 연마판의 온도 변화

이러한 온도 계측은 웨이퍼와 연마판 사이의 마찰로 발생된 열이나 연마 대상 재료사이에서 화학반응을 통해 반응열이 변화하게 되고 이러한 변화를 온도 변화로서 받아 들여, 웨이퍼 내의 온도변화를 측정하는 것이 가능하다.

웨이퍼 상에 막질의 종류가 서로 다른 산화막과 질화막을 증착하여 연마시 연마 대상 재료의 차이로 인한 마찰계수의 차이로 인해 발생하는 반응열의 차이를 온도변화로 측정하여 그림 3에 나타내었다. 앞서 설명한 압력 변화에 따른 연마입자의 농도와 첨가제의 농도 변화와 같이 전체적으로 막질에 압력이 가해짐에 따라 온도가 증가되는 경향을 나타내었다.

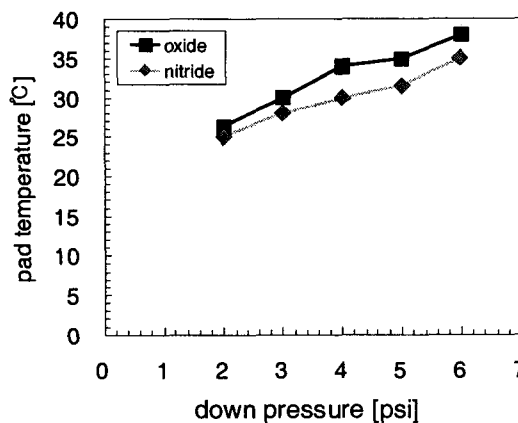
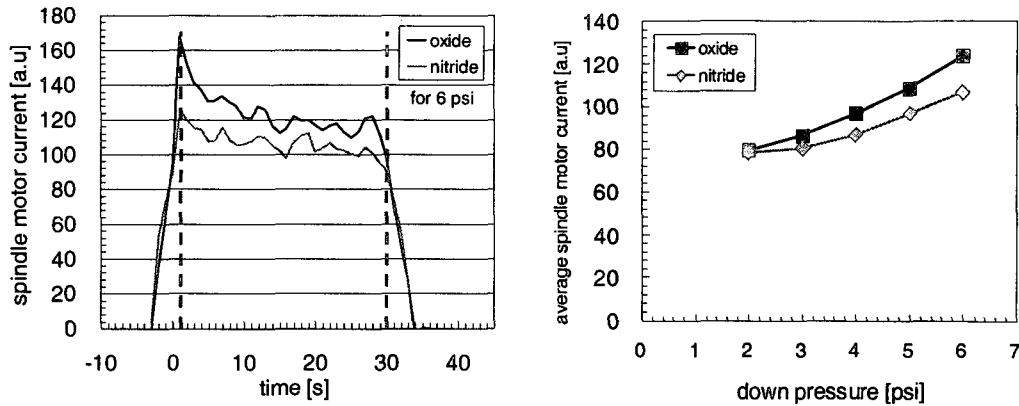


그림 3. 산화막과 질화막의 연마시 압력 변화에 따른 연마판의 온도변화

연마 헤드 회전시 변화되는 모터의 실시간 전류 신호 변화를 그림 4 (a)에 나타내었다. 계측 시간 0 초 이내에서는 연마시점 이전에 연마 헤드가 연마판에 도착하기 직전의 상황이며, 1~30 초까지는 연마가 실제 진행되는 시점에서 끝나는 시점을 나타내고 있다.

그림 4 (b)는 1~30 초까지의 모터 전류 변화를 평균화 기법을 이용하여 산화막과 질화막의 연마시 압력변화에 따른 평균 연마헤드 구동모터 전류의 변화를 나타내었다.



(a) 연마헤드(spindle) 회전시 시간에 따라 변화되는 모터의 전류 신호 변화 (b) 산화막과 질화막의 연마시 압력변화에 따른 평균 연마 헤드(spindle)모터 전류의 변화

그림 4. 연마헤드의 회전에 따른 모터전류 신호 변화 및 막질의 종류에 따른 모터 전류의 차이

연마시 압력 변화에 따른 평균 전류 변화는 질화막이 산화막 연마 공정보다 모터 전류가 낮게 측정됨을 알 수 있었다. 이것은 실제 STI CMP 공정에서는 마찰계수의 비가 크게 달라지는 질화막의 표면에서 정지하는 것이 가능할 것이다.

4. 결론

CMP 공정시 첨가제의 농도에 따른 연마판의 온도를 측정해본 결과 연마입자 농도 대비 첨가제의 농도 변화는 일정한 연마입자의 농도에서 첨가제의 농도가 높을 경우 연마시 연마판의 온도가 더 낮게 나타났다. 한편 일정한 첨가제의 농도에서 연마입자의 농도가 높을 경우 연마판의 온도가 증가되는 것을 알 수 있었다. 그러나 첨가제가 첨가되지 않았을 경우 연마입자의 농도에 따른 변화는, 압력 변화에 따라 연마입자의 농도가 높을수록 연마판의 온도가 더 높게 나타났다.

웨이퍼 상에 산화막과 질화막을 증착하여 CMP 공정에 적용해 본 결과, 연마 대상 재료의 차이로 인한 마찰계수의 변화로 질화막의 연마시 연마판 온도가 산화막의 연마시 연마판 온도보다 일정압력에서 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 중소기업청(산학연 공동기술개발)의 지원에 의해 수행 되었습니다.

참고문헌

[1] J. G. Park, "Development of Advanced Nano Ceria Slurry for STI-CMP Process of 256M or Larger Capacity DRAM" Monthly Semiconductor, Vol. 182, pp. 76~79, 2003.
 [2] S. Y. Kim, Y. J. Seo, "A Study of End Point Detection Measurement for STI CMP Application" Vol. 14, pp. 175~184, 2001.