

패드 컨디셔닝시 온도조절을 통한 산화막 CMP 최적화

최권우, 박성우*, 김남훈**, 장의구***, 서용진*, 이우선

조선대 전기공학과, 대불대 전기전자공학과, 조선대 에너지자원신기술연구소*, 중앙대 전자전기공학부**

Optimization of CMP for SiO₂ Thin Film with a Control of Temperature in Pad Conditioning Process

Gwon-Woo Choi, Sung-Woo Park*, Nam-Hoon Kim**, Eui-Goo Chang***, Yong-Jin Seo*, Woo-Sun Lee
Chosun Univ., Daebul Univ., Chosun Univ. RIERT**, Chung-Ang Univ.**

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. Polishing pads play a key role in CMP, which has been recognized as a critical step to improve the topography of wafers for semiconductor fabrication. It is investigated the performance of SiO₂-CMP process using commercial silica slurry as a pad conditioning temperature increased after CMP process. This study also showed the change of SEM images in the pore geometry on the CMP pad surface after use with a different pad conditioning temperature.

Key Words : CMP, SiO₂ thin film, removal rate, non-uniformity, pad conditioning

1. 서론

CMP는 플레이트(platen)에 부착된 고분자 물질 계열의 패드(pad)위에 슬러리(slurry)입자를 공급하고, 웨이퍼 캐리어에 하중을 가하며 웨이퍼의 표면을 연마하는 방법으로 가공물을 탄성패드에 누르면서 상대 운동시켜 가공물과 친화력이 우수한 부식액으로 화학적 제거를 함과 동시에 초미립자로 기계적 제거를 한다. 웨이퍼 표면에 작용하는 높은 압력과 균일한 상대 속도에 의해 패드와의 접촉면에서는 순간적으로 고온, 고압의 분위기가 형성되고, 이로 인해 연마액에 의한 화학적, 기계적 제거 가공은 상승효과가 유발되어 웨이퍼 전면에서 평탄화 가공을 한다.

연마패드는 실제적으로 외부적인 변수에 매우 큰 영향을 받으며 내부적인 공정 변수와도 반응한다. 표면의 패드섬유는 연마되고 있는 웨이퍼 표면과 반응하는 패드의 일부분이다. 섬유구조와 높이는 슬러리와 반응 생성물 이동과 표면에서 국부적인 압력의 차이에 영향을 미친다. 패드 섬유는 마이크로 기공의 형태로 되어있다. 이 기공들은 슬러

리의 부산물 이동에 결정적인 역할을 하는데 기공의 크기가 클수록 이동의 효과도 크다. 패드 컨디셔닝 기술은 일반적으로 표면의 다공성과 거칠기를 유지하도록 하기 위하여 패드위에서 수행되며 연마율은 표면 컨디셔닝 기술에 의해 refresh될 때까지 시간에 따라 감소하게 된다.[1]

따라서 본 연구에서는 CVD에 의해 제작된 SiO₂ 박막을 silica 슬러리를 사용하여 CMP공정 후 컨디셔닝시 DIW의 온도를 증가시켜 각 온도에서 컨디셔닝후 패드의 표면과 산화막의 연마율 특성을 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서 CMP공정에 사용되어진 연마패드는 그림1과 같이 RODEL사의 IC-1000/SUBA-IV구조의 이중연마패드위에서 수행하였으며 컨디셔닝을 수행 할 때 컨디셔너와 함께 주입되어지는 DIW의 온도를 Temperature Controller에서 각각 20℃, 50℃, 80℃의 온도로 증가를 시켜 각 온도에서 컨디셔닝을 하였을 때 패드위에 잔류되어지는 슬러리

흡착정도와 산화막의 연마율을 측정하였다. SiO₂ 박막은 CVD시스템으로 실리콘 웨이퍼 위에 직접 증착시켰으며 SiO₂ 박막의 두께는 Ellipsometer (J.A woollam, M-2000V)를 이용하여 측정하였다. CMP전 증착된 SiO₂ 박막의 두께는 약 9800 Å 이었다.

SiO₂ 박막 증착 후 이중연마패드위에서 silica 슬러리를 사용하여 그림 2의 연마장비(LOGITECH사 PM-5)에서 table speed 50rpm, head speed 50rpm, slurry flow rate 90ml/min, down force 300g/cm²으로 동일하게 하여 연마시간은 60초로 CMP공정을 진행하였다. 각각의 온도에서 컨디셔닝을 하였을 때 패드표면을 측정하고자 전자주사현미경(SEM; Hitachi S-4700)을 이용하여 각 온도에서의 컨디셔닝후의 패드와 산화막의 표면형상을 관찰하였다. CMP 공정 후 웨이퍼 세정은 NH₄OH:H₂O₂:H₂O를 1:2:7의 비율로 제조된 SC-1 케미컬에서 2분, 1:10의 DHF 용액에서 1분, 마지막으로 초음파 세척기를 이용하여 5분 동안 클리닝하는 시퀀스를 사용하였다. 표 1에 CMP공정의 전반적인 parameter를 나타내었다.

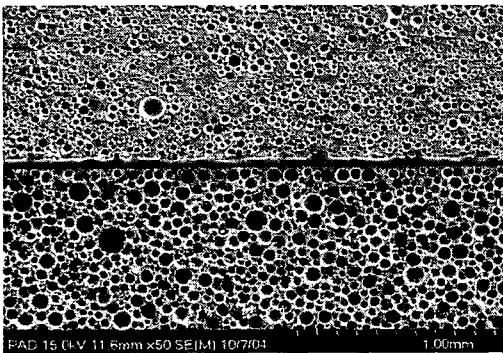


그림 1. 미사용 패드단면의 SEM분석.

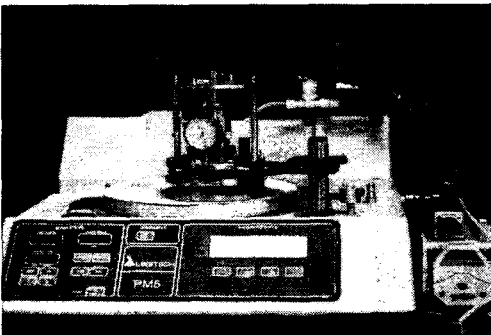


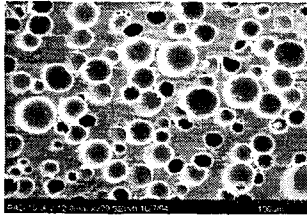
그림 2. CMP 장비 (LOGITECH PM-5).

표 1. CMP 공정조건

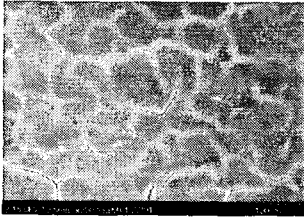
CMP parameter	CMP condition
wafer(4inch)	blanket wafer
pad	IC1000/Suba-IV
slurry	Silica
slurry flow rate	90ml/min
head speed	50rpm
table speed	50rpm
polishing time	60sec

3. 결과 및 고찰

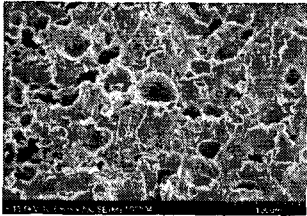
그림 3(a)는 CMP공정 전 사용하지 않은 미사용 패드의 표면형상으로서 기공이 다공성으로서 뚜렷하게 보인다. 그림 3(b)는 컨디셔닝을 하지 않았을 때의 표면으로서 표면의 기공들이 슬러리로 꽉 매워져 패드표면을 덮어버린 형상을 보이고 있다. 그림 3(c)는 과도한 컨디셔닝과 더불어 패드의 groove에 슬러리 입자가 매워진 패드의 표면으로서 glazing현상이 일어나 표면의 기공의 구분이 없어지고 표면의 거칠기가 무더짐을 알 수 있다. 패드의 표면 거칠기와 다공성은 패드 표면의 슬러리 흐름, 웨이퍼 표면의 패드 접촉면, 표면으로부터 물질의 흐름을 결정하는데 이러한 glazing현상은 패드의 수명유지에 악영향을 끼침과 동시에 연마율을 감소시킨다. 그림 3의 (d), (e), (f)는 Silica 슬러리를 사용하여 CMP공정 후 각각 20℃, 50℃, 80℃의 온도로 컨디셔닝을 했을 때 패드의 SEM 분석결과로서 20℃의 온도에서 컨디셔닝을 하였을 경우는 기공에 슬러리의 잔류물이 남아있음을 확인할 수 있다. 잔류물이 남아있는 경우 박막과 패드와의 접촉 면적이 적어짐에 따라 연마특성에 좋지 않은 영향을 준다. 50℃의 온도로 컨디셔닝을 하였을 경우의 패드표면은 20℃의 경우에 비해서 잔류물이 적어지나 기공의 모양이 새 패드에 비해 원형의 모양으로 유지되지 않음을 알 수 있다. 컨디셔닝 온도가 80℃일 경우는 50℃와 마찬가지로 슬러리 잔류물이 적음을 확인할 수 있으나 기공의 모양이 새 패드와 비교하여 완벽한 원형의 모양을 유지하며 슬러리의 흐름에 영향을 주는 표면의 다공성이 확연히 드러남을 알 수 있다. 기공의 크기가 클수록 슬러리의 유입과 이동이 자유로워 연마율이 증가됨을 감안 할 때 컨디셔닝 온도가 증가될수록 높은 온도가 잔류 슬러리 제거를 향상 시킴에 따라 기공크기가 커지며 다공성이 유지되어 연마율이 증가되는 것으로 보인다.[3]



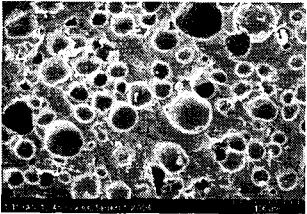
(a) new pad



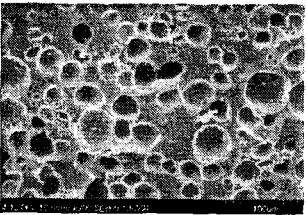
(b) non-conditioning



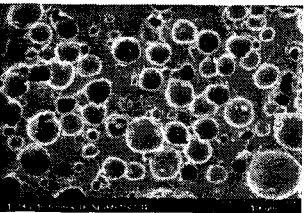
(c) glazing



(d) 20°C



(e) 50°C



(f) 80°C

그림 3. 컨디셔닝 온도에 따른 패드표면 분석.

그림 4는 컨디셔닝 온도에 따른 SiO₂ 박막의 연마율과 비균일도 특성을 나타낸 그림이다. 아래의 결과와 같이 20°C일 때 연마율은 700 Å, 50°C일 때는 1535 Å, 80°C일 때 경우는 1685 Å임을 알 수 있는데 저온에서보다 고온에서의 컨디셔닝을 하였을 때 높은 온도에 의해 패드표면이 양호한 다공성의 기공과 groove의 막힘이 적어 슬러리의 흐름이 원활해짐에 기인한 것으로 판단된다.[4]

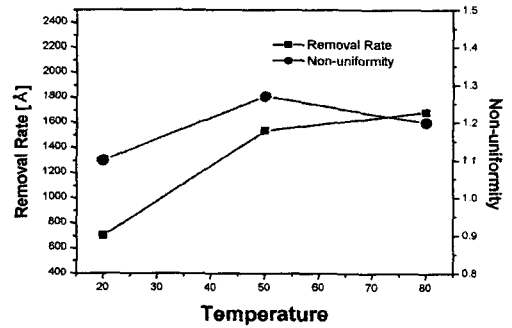
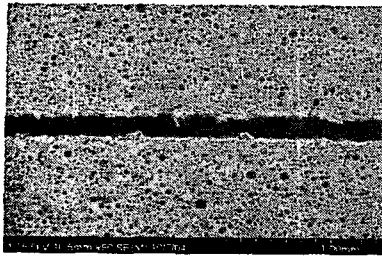
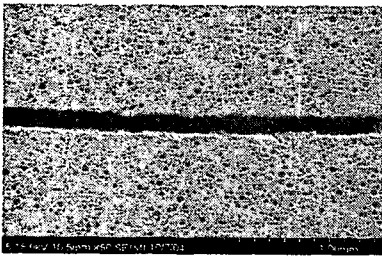


그림 4. 컨디셔닝 온도에 따른 연마율과 비균일도.

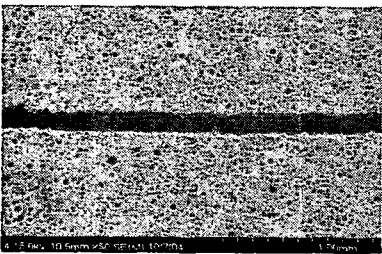
그림 5는 컨디셔닝 온도에 따른 패드 groove의 SEM 분석결과로서 그림 5(a)는 컨디셔닝의 온도가 20°C일 경우로서 groove의 상하의 경계부분에 축의 실리카 슬러리의 흡착이 후속 CMP공정에 있어 슬러리의 표면상의 흐름에 영향을 주어 연마율을 저하시키는 요인으로 작용된다. 그림 5(b)의 경우는 50°C의 온도로 컨디셔닝을 하였을시의 분석결과로서 20°C의 경우에 비해서 상하경계부분에 슬러리의 흡착이 현저히 적어짐을 보인다. 그림 5(c)는 80°C로 컨디셔닝을 하였을 경우의 SEM 분석결과로서 높은 온도에 의해 groove의 양쪽 벽면까지의 슬러리 잔류물이 제거되어짐에 따라 groove가 더욱 넓어짐을 확인 할 수 있으며, 넓어진 groove의 홈을 따라 슬러리의 유입이 증가하여 높은 연마율을 얻는 결과를 얻은 것으로 사료된다. 그림 5(d)의 경우는 컨디셔닝을 하지 않았을 경우의 분석결과로서 groove가 슬러리에 의해 완전히 메워짐에 따라 슬러리의 유입이 되어지지 않아 CMP공정에 있어 화학적인 작용이 완전히 배제되어버린 결과를 가져오게 된다. 그림 5(e)의 경우는 glazing현상으로 인해 groove에 슬러리가 메워짐과 동시에 패드표면 또한 마모되어 매끄러워짐을 확인 할 수 있다. 이와 같이 glazing현상이 일어날 경우는 조속한 패드의 교환이 되어야 한다.



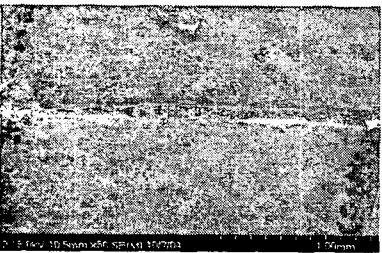
(a) 20



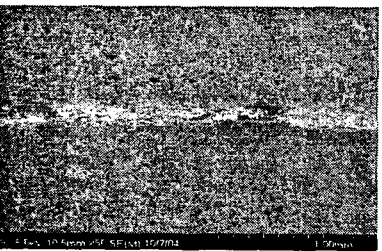
(b) 50



(c) 80



(d) non-conditioning



(e) glazing

4. 결 론

본 논문에서는 패드 컨디셔닝시의 온도조절을 통하여 산화막 CMP의 특성과 온도증가에 따른 패드의 표면형상을 연구 하였다. 컨디셔닝시의 온도가 증가함에 따라 산화막의 연마율은 증가하였으나 50°C, 80°C의 온도에서는 연마율의 증가폭이 줄어드는 경향을 보였으며 패드표면과 groove도 컨디셔닝 온도가 증가함에 따라 우수한 다공성의 표면특성을 나타냄을 알 수 있었다.

감사의글

이 논문은 2004년도 학술진흥재단의 중점 연구소 지원에 의해서 연구되었음(KRF-2004-005-D00007).

참고 문헌

- [1] John McGrath and Chris Davis, "Polishing pad surface characterisation in chemical mechanical planarisation" *Journal of Materials Processing Technology*, *In Press, Corrected Proof*, Available online 17 June 2004.
- [2] Farid Malik, Masood Hasan, "Manufacturability of the CMP process" *Thin Solid Film*, Vol. 270, 1995, pp. 612-615.
- [3] H. Lu, B. Fookes, Y. Obeng, S. Machinski and K. A. Richardson, "Quantitative analysis of physical and chemical changes in CMP polyurethane pad surfaces" *Materials Characterization*, Vol. 49, August 2002, pp. 35-44
- [4] G. S. Grover, H. Liang, S. Ganeshkumar and W. Fortino, "Effect of slurry viscosity modification on oxide and tungsten CMP" *Wear*, Vol. 214, Issue 1, January 1998, pp. 10-13.

그림 5. 컨디셔닝 온도에 따른 패드 groove 분석.