2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2004.7.14-16

가스센서 SnO_2 박막의 광역평탄화 특성

CMP properties of SnO_2 thin film

최권우*, 이우선*, 박정민*, 최석조*, 박도성*, 김남오**
*조선대학교 전기공학과, **조선이공대학 전기공학과
Gwon-Woo Choi, Woo-Sun Lee, Jeng-Min Park, Seok-Jo Choi, Do-Sung Park, Nam-Oh Kim

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. The effect of alternative commerical slurries pads, and post-CMP cleaning alternatives are discuess, with removal rate, scratch dentisty, surface roughness, dishing, erosion and particulate density used as performance metrics. we investigated the performance of SnO_2-CMP process using commonly used silica slurry, ceria slurry, tungsten slurry. This study shows removal rate and nonuniformity of SnO_2 thin film used to gas sensor by using Ceria, Silica, W-Slurry after CMP process. This study also shows the relation between partical size and CMP with partical size analysis of used slurry.

Key Words : CMP(chemical mechanical polishing), SnO_2 thin film, removal rate, nonuniformity

1.서 론

최근 산업의 발달과 여러 가스사고로 인해 가스센서에 대한 관심이 고조되고 있다. 가스센서란 기체중에 함유된 특정성분의 가스를 적당한 전기적 신호로 감지정량하는 소자로서 SnO_2, ZnO, TiO_2, WO_3, Fe_2O_3 등의 재료를 이용하고 있으며 그 중에서 화학적 안정성, 내구성, 및 고감도성인 SnO_2를 이용한 가스센서에 대한 연구가 계속 되어왔다. 주석산화물은 산소결핍에 의한 비화학양론성으로 인하여 3.5eV이상의 band gab을 갖는 n형 산화물 반도체이다. 첨가제 없이도 전도성이 좋고 투과율이 높아 광기전력 장치의 투명전극과 태양전지, 그리고 가스센서로 사용되어왔다. SnO_2 소자의 전기전도성은 주석과 산소 사이의 비화학양론에 의존하며 전기전도도는 화학양론 조성으로부터의 편차에 의한 산소 빈자리의 양이 증가함에 따라 증가함으로 주로 비화학양론을 이용하여 박막의 전기전도성을 제어한다. SnO_2 센서를 제작하기 위한 방법으로 고상반응법, 후막법, 박막법이 있다. SnO_2 박막이 선택성이나 회복성에 있어 적절하지 못함에도 불구하고 가스센서로 적용되는 것은 소자의 재생이나 작동온도가 낮고 증착이 용이하다는 장점 때문에 널리 이용되어 진다.

SnO_2 가스센서의 특성개선을 위하여 적용되는 CMP(chemecal mechanical polishing)공정은 deep 서브마이크론 집적회로의 다층배선구조를 실현하기 위해 IMD, ILD, PMD 층과 같은 절연막 외에도 W, Al. Cu와 같은 금속층을 평탄화하는데 효과적으로 사용되고 있으며, SnO2 박막을 CMP하여 박막의 전기전도성을 크게 향상 시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 스퍼터링에 의해 제작된 SnO_2 박막을 Ceria, Silica, Tungsten slurry를 사용하여 CMP공정을 하고 각 슬러리에 따른 연마율과 비균일도 특성을 연구하였다. 또한 각 슬러리의 입도분석을 통하여 연마율과 슬러리 입도의 상관관계를 연구하였다.

2.실 험

본 실험에서 사용된 SnO_2 박막은 다음과 같이 제조되었다. 비저항이 3~6Ω㎝의 4인치 N형(111)방향의 silicon wafer를 사용하였으며 세척 및 자연산화막제거를 위하여 기판을 1:4의 H_2SO_4:H_2O_2 및

10:1의 H_2O:HF용액(DHF)과 탈이온수(DIW)를 각각 사용하였다. DC-sputtering 시스템으로 silicon wafer위에 직접 SnO_2 박막을 증착시켰으며 증착시의 공정조건은 Ar가스 20sccm, power 60W, 증착시간 60분, 진공은 5×10^{-3}Torr로 행하였으며 박막을 증착시키는 동안 균일한 두께의 박막을 증착시키고자 silicon wafer를 20rpm으로 rotation하였다. 증착속도는 33Å/min이였으며 증착된 SnO_2박막의 두께는 약 2000~2100Å이였다. SnO_2박막의 두께는 Ellipsometer(J.A woollam, M-2000V)를 이용하여 측정되었다. 표 1은 위에서 설명된 스퍼터 공정조건을 요약하여 나타낸 것이다.

Table 1. sputtering process condition

sputter parameter	sputter condition
flow rate	20sccm
power	60W
substrate temperature	28℃
deposition time	60min
substrate rotation	20rpm
working vacuum pressure	5×10^{-3}Torr
target	SnO_2(99.995%)
target to substrate distance	6cm

SnO_2 박막 증착후 RODEL사의 IC-1000/Suba-IV 연마패드위에서 Ceria, Silica, Tungsten slurry를 사용하여 그림 1의 연마기(LOGITECH사 PM-5)에서 table speed 60rpm, head speed 60rpm, slurry flow rate 90ml/min, down force 300g/cm^{2}으로 동일하게 하여 연마시간은 60초로 CMP공정을 진행하였으며 각 슬러리의 연마입자 크기를 측정하고자 PSS인 Accusizer 780을 사용하여 particle size를 측정하였다. CMP 공정 후 웨이퍼 세정은 NH_4OH: H_2O_2: H_2O를 1:2:7의 비율로 제조된 SC-1 케미컬에서 2분, 1:10의 DHF 용액에서 1분, 마지막으로 초음파 세척기를 이용하여 5분 동안 클리닝하는 시퀀스를 사용하였다. 패드는 안정된 상태이어서 교체 없이 사용하였으며, 슬러리는 에이징현상을 방지하기 위하여 연마 전에 교반기를 이용하여 충분히 교반시켜 주었다. CMP공정후의 두께는 Ellipsometer를 이용하여 측정되었다. CMP 공정이후의 박막의 표면형상은 Scanning Probe Microscope(SPM, PSI사)를 이용하여 측정하였다. 표 2에 CMP공정의 전반적인 parameter를 나타내었다.

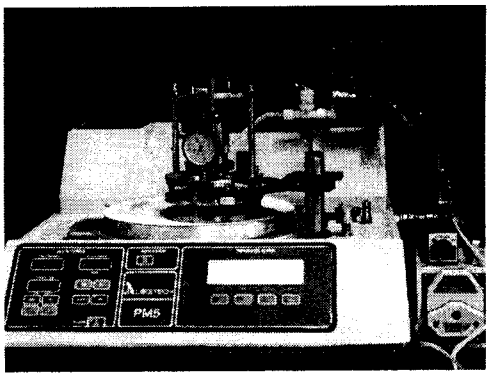


그림1. CMP 장비

Fig. 1 CMP machine(LOGITECH PM-5)

Table 2. CMP process condition

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

3.결과 및 고찰

그림 2의 (a), (b)는 Silica slurry를 사용하여 CMP공정을 한 CMP전·후의 SEM 분석결과로서 CMP공정후의 SnO_2 박막이 CMP전에 비하여 아주 균일하게 평탄화가 되었음을 확인할 수 있었다.

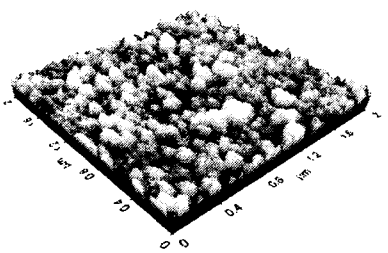
(a)

(b)

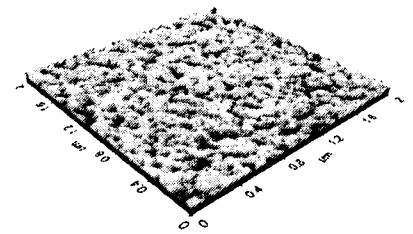
그림 2. Silica slurry를 사용한 CMP공정 전 · 후 SEM 분석 (a)CMP전 (b)CMP후

Fig. 2 SEM analysis of used Silica slurry (a)pre-CMP (b)post-CMP

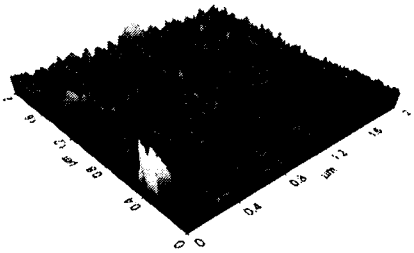
그림 3은 SnO_2 CMP공정에 사용된 슬러리 각각의 AFM 형상이다. (a)는 CMP전의 SnO_2 박막의 AFM 형상으로서 균열없이 일반적인 경계에 의해 연결된 입자들이 빼곡히 쌓인 표면을 보인다. (b)는 Slica slurry를 사용한 경우의 AFM 형상으로서 CMP전의 SnO_2 박막과 비교해보면 평탄화가 잘 이루어졌음을 알 수 있었고 박막 표면이 CO가스와 더 많은 접촉면적을 갖음을 고려한다면 좀 더 빨리 반응하고 민감한 가스센서로서의 향상이 있을 것으로 예상된다. 이는 연마율이 1104Å으로서 Ceria나 Tungsten 슬러리에 비해 아주 높고 비균일도가 0.9%임을 감안할 때 SnO_2 박막에 적용 할 수 있는 슬러리는 Silica임을 확인 할 수 있다. (c)와 (d)는 Ceria와 Tungsten 슬러리를 사용하여 CMP 공정을 하였을시의 SnO_2 박막의 표면형상으로서 CMP전에 비해서 어느 정도 연마는 되었지만 SnO_2와 슬러리간의 화학적인 반응에 의해 부분적으로 hillock이 형성됨으로서 가스센서로 적용하기에는 어려움이 있음을 알 수 있다.



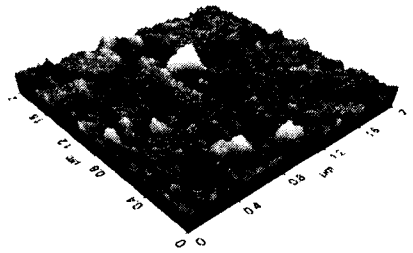
(a)



(b)



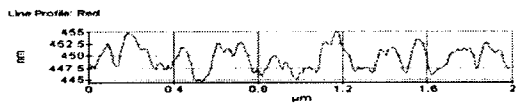
(c)



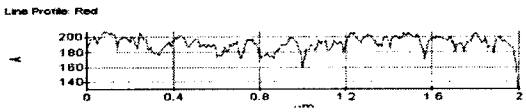
(d)

그림 3. 슬러리 종류에 따른 AFM 형상 (a)CMP전 (b)실리카 (c)세리아 (d)텅스텐

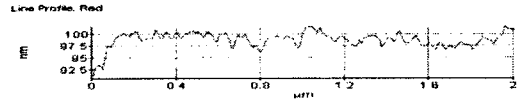
Fig. 3 AFM image of used slurry (a)pre-CMP (b)Silica (c)Ceria (d)Tungsten



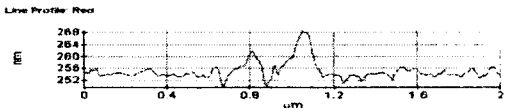
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4. CMP 공정후의 표면 거칠기
(a)CMP전 (b)실리카 (c)세리아 (d)텅스텐
Fig. 4 surface roughness profile of used slurry
(a)pre-CMP (b)Silica (c)Ceria (d)Tungsten

그림 4는 CMP공정에 사용된 슬러리종류에 따른 표면의 거칠기 profile이다. (a)의 profile처럼 CMP 전의 SnO_2 박막은 RMS(root mean square roughness)가 28.61Å로서 균일하지 못한 특성을 나타내었으며 (b)와 같이 Silica 슬러리를 사용하여 CMP를 하였을시는 RMS(root mean square roughness)가 8.5Å으로서 균일한 profile 결과를 확인 할 수 있었다. Ceria 와 Tungsten slurry는 RMS가 각각 20.95Å와 17.2Å로서 CMP전의 RMS 보다는 적은 수치를 나타내지만 박막표면에 Hilock의 형성으로 가스센서로서의 적용에 있어서는 부적합을 알 수 있다. 특히 Tungsten slurry는 주석산화물과 슬러리간의 화학반응이 Hilock을 형성시키는 외에도 박막 표면 전체에 Intermix Layer를 형성 시키는 결과를 나타내었다.

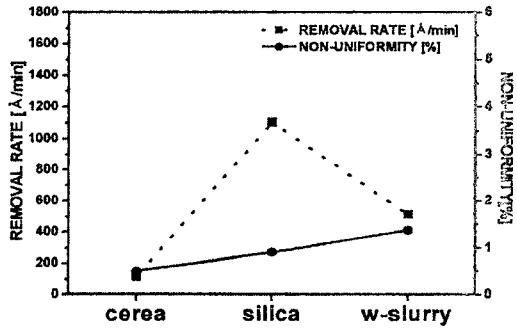


그림 5. 슬러리 종류에 다른 연마율과 비균일도
Fig. 5 non-uniformity and removal of used slurry

그림 5는 슬러리 종류에 따른 SnO_2 박막의 연마율과 비균일도 특성을 나타낸 그림이다. 위의 결과와 같이 Ceria slurry를 사용한 경우의 연마율은 113Å, Slica slurry을 사용한 경우는 1104Å, W-slurry를 사용한 경우는 513Å임을 알 수 있었다. Slica slurry가 연마율 1104Å으로서 SnO_2 박막에 사용된 slurry중 가장 우수한 연마율을 보임을 알 수 있는데 이는 SnO_2 박막이 산화막과 유사한 연마특성을 가지고 있는 것으로 생각된다. 절연막과 금속막의 비균일도는 5%이하이여야 하는데 그림 5와 같이 Ceria slurry의 경우 0.49%, Silica slurry의 경우 0.9%, W-slurry 경우 1.37%로서 CMP공정에 사용된 slurrry 모두 아주 안정된 균일도특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 특히 Silica slurry경우는 0.9%의 비균일도로서 아주 높은 연마율을 감안할 때 다른 슬러리에 비해 SnO_2 박막에 적용함에 있어 아주 우수한 연마특성을 나타냄을 알 수 있었다.

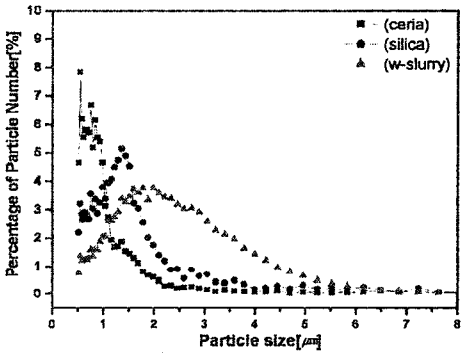


그림 6. slurry의 입도분석
Fig. 6 particle size analysis of used slurry

그림 6은 Ceria, Silica, Tungsten slurry의 입도분석결과를 나타낸 그림이다. Ceria의 경우는 평균입자크기가 1.05㎛였으며 Silica의 경우는 1.72㎛, Tungsten slurry의 경우는 2.01㎛였다. SnO_2 박막이 산화막과 유사한 연마특성을 갖는다고 감안할 때 절연막에 사용되는 Ceria slurry와 Silica slurry 중 입자크기가 큰 Silica slurry 높은 연마율특성을 보이는 것으로 생각된다.

4.결 론

본 논문에서는 SnO_2 박막의 전기적인 특성을 개선을 하여 가스센서에 응용하고자 SnO_2 박막의 CMP 특성과 연마제 입자의 입도특성에 대하여 연구하였다. 본 실험에 사용되었던 Ceria slurry, Silica slurry, Tungsten slurry중 Silica slurry가 가장 높은 연마율을 보였으며 비균일도 또한 5%

이하의 안정된 특성을 보였다.
Ceria slurry, Silica slurry, W-slurry의 입도분석결과를 통해서 Silica slurry가 큰 입자크기에서 연마제들이 slurry내에 분포하고 있음을 알 수 있었다. AFM 분석에 의한 박막의 topography와 RMS값을 통해서도 Silica 슬러리가 SnO_2 박막에 적용하기에 우수한 특성을 갖음을 확인 할 수 있었다.
차후로 SnO_2 박막의 가스감도특성을 측정하기 위해서는 CMP전의 전극의 형성과 더불어 CMP 공정시 회전력과 화학적인 slurry에 의한 리드선의 접착성이 고려되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

[1] A. Salehi and M. Gholizadde, Sensorand acuators B 89 (2003) 173.

[2] M. H Reddy and A. N Chandukar, thin solid Films 349 (1999) 200.

[3] J. Huang, H. C. Chen, J. Y. Wu, and W. Lur, "Investigation of CMP Micro-Scratch in the Fabrication of Sub-quarter Micron VLSI circuit". Proceeding of Chemical Mechanical Polishing-Multilevel Interconnection Conference (CMP-MIC), pp .77-79, 1999.

[4] Woo-Sun Lee, Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo, Jong-Kook Lee, " An Optimization of Tungsten Plug Chemical Mechanical Polishing (CMP) using Different Consumables, Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, pp. 63-68. 2001.

[5] 박경희, 서용진, 이우선, 박진성 "SnO2 박막 특성에 미치는 annealing 효과" 전기전자재료학회 춘계논문지 pp. 99~102, 2003