

## SnO<sub>2</sub> 박막의 CMP 특성

이우선<sup>1</sup>, 최권우<sup>2</sup>, 고필주<sup>3</sup>, 홍광준<sup>3</sup>, 서용진<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 전기공학과, <sup>2</sup>조선대학교 물리학과, <sup>3</sup>대불대학교 전기전자공학과

## CMP properties of SnO<sub>2</sub> thin film

Woo-Sun Lee<sup>1</sup>, Gwon-Woo Choi<sup>2</sup>, Pil-Ju Ko, Kwang-Jun Hong, Young-Jin Seo<sup>3\*</sup>

### 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 discuss, with removal rate, scratch dentisty, surface roughness, dishing, erosion and particulate density used as performance metrics. we investigated the performance of SnO<sub>2</sub>-CMP process using commonly used silica slurry, ceria slurry, tungsten slurry. This study shows removal rate and nonuniformity of SnO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> thin film, removal rate, nonuniformity

### 1. 서 론

최근 산업의 발달과 여러 가스사고로 인해 가스 센서에 대한 관심이 고조되고 있다. 가스센서란 기체중에 함유된 특정성분의 가스를 적당한 전기적 신호로 감지정량하는 소자로서 SnO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등의 재료를 이용하고 있으며 그중에서 화학적 안정성, 내구성, 및 고감도성인 SnO<sub>2</sub>를 이용한 가스센서에 대한 연구가 계속되어왔다. 주석 산화물은 산소결핍에 의한 비화학양론성으로 인하여 3.5eV 이상의 band gab을 갖는 n형 산화물 반도체이다. 첨가제 없이도 전도성이 좋고 투과율이 높아 광기전력 장치의 투명전극과 태양전지, 그리고 가스센서로 사용되어왔다. SnO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 센서를 제작하기 위한 방법으로 고상반응법, 후막, 박막법이 있다. SnO<sub>2</sub> 박막이 선택성이나 회복성에 있어 적절하지 못함에도

불구하고 가스센서로 적용되는 것은 소자의 재생이나 작동온도가 낮고 증착이 용이하다는 장점 때문에 널리 이용되어 진다.

SnO<sub>2</sub> 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 평탄화 하는 데 효과적으로 사용되고 있으며, 다양한 소자 제작 및 새로운 물질 등에도 광범위하게 응용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 스퍼터링에 의해 제작된 SnO<sub>2</sub> 박막을 Ceria, Silica, Tungsten slurry를 사용하여 CMP공정을 하고 각 슬러리에 따른 연마율과 비균일도 특성을 알아보고자 하였다. 또한 각 슬러리의 입도분석을 통하여 연마율과 슬러리 입도의 상관관계를 조사하였다.

### 2. 실험

본 실험에서 사용된 SnO<sub>2</sub> 박막은 다음과 같이 제조되었다. 비저항이 3~6Ωcm의 4인치 N형(111) 방향의 silicon wafer를 사용하였으며 세척 및 자

연산화막제거를 위하여 기판을 1:4의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 10:1의 H<sub>2</sub>O:HF용액(DHF)과 탈이온수(DIW)를 각각 사용하였다. DC-sputtering 시스템으로 silicon wafer위에 직접 SnO<sub>2</sub> 박막을 증착시켰으며 증착시의 공정조건은 Ar가스 20sccm, power 60W, 증착시간 60분, 진공은 5×10<sup>-3</sup>Torr로 행하였으며 박막을 증착시키는동안 균일한 두께의 박막을 증착시키고자 silicon wafer를 20rpm으로 rotation하였다. 증착속도는 33Å/min이었으며 증착된 SnO<sub>2</sub> 박막의 두께는 약 2000~2100Å이었다. SnO<sub>2</sub>박막의 두께는 Ellipsometer(J.A woollam, M-2000V)를 이용하여 측정되었다. 표 1은 위에서 설명된 스퍼터 공정 조건을 요약하여 나타낸 것이다.

Table 1. sputtering process condition

sputter prameters	sputter condition
flow rate	20sccm
power	60W
substrate temperature	28℃
deposition time	60min
substrate rotation	20rpm
working vacuum pressure	5×10 <sup>-3</sup> Torr
target	SnO <sub>2</sub> (99.995%)
target to substrate distance	6cm

SnO<sub>2</sub> 박막 증착후 RODEL사의 IC-1000/Suba-IV 연마패드위에서 Ceria, Silica, Tungsten slurry와 Tungsten slurry에 Oxidizer가 1:1에서 1:3으로 배합된 slurry를 사용하여 그림 1의 연마기(LOGITECH 사 PM-5)에서 table speed 60rpm, head speed 60rpm, slurry flow rate 90ml/min, down force 300g/cm<sup>2</sup>으로 동일하게 하여 연마시간은 60초로 CMP공정을 진행하였으며 각 슬러리의 연마입자 크기를 측정하고자 PSS(Particle Sizing System)인 Accusizer 780을 사용하여 particle size를 측정하였다. CMP 공정 후 웨이퍼 세정은 NH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O를 1 : 2 : 7의 비율로 제조된 SC-1 케미컬에서 2분, 1:10의 DHF 용액에서 1분, 마지막으로 초음파 세척기를 이용하여 5분 동안 클리닝하는 시퀀스를 사용하였다. 또한, 패드 컨디셔닝에 의한 특성의 변화를 막기 위해 컨디셔닝 압력은 2kg/cm<sup>2</sup>으로 고정하였고, 패드는 안정된 상태이어서 교체 없이 사용하였으며, 슬러리는 에이징 현상을 방지하기 위하여 연마 전에 교반기를 이용하여 충분히

교반시켜 주었다. CMP공정후의 두께 측정 또한 Ellipsometer를 이용하여 측정되었다. 표 2에 CMP공정의 전반적인 prameters를 나타내었다.

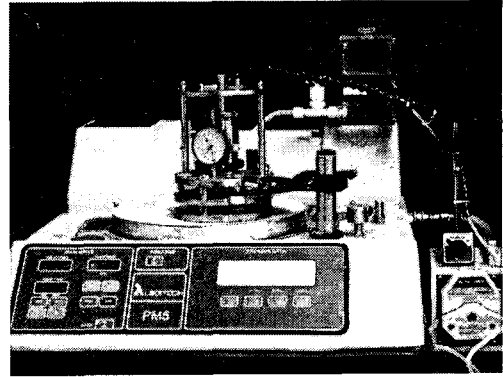


그림1. CMP 장비

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
Table speed	60rpm
Table speed	60rpm
polishing time	60sec

### 3.결과 및 고찰

슬러리 종류에 따른 SnO<sub>2</sub> 박막의 연마율과 비균일도 특성을 그림 2에 나타내었다. 그림 2와 같이 Ceria slurry를 사용한 경우의 연마율은 113Å, Silica slurry를 사용한 경우는 1104Å, W-slurry를 사용한 경우는 513Å임을 알수 있었다. Silica slurry가 연마율 1104Å으로서 SnO<sub>2</sub> 박막에 사용된 slurry중 가장 우수한 연마율을 보임을 알수 있는데 이는 SnO<sub>2</sub> 박막이 SiO<sub>2</sub> 박막과 유사한 연마특성을 가지고 있는 것으로 추정된다. 절연막과 금속막의 비균일도는 5%이하이어야 하는데 그림 2와같이 Ceria slurry의 경우 0.49%, Silica slurry의 경우 0.9%, W-slurry 경우 1.37%로서 CMP공정에 사용된 slurry 모두 아주 안정된 균일도특성을 나타내고

있음을 알 수 있다. 특히 Silica slurry 경우는 0.9%의 비균일도로서 아주 높은 연마율을 감안할 때 다른 슬러리에 비해 SnO<sub>2</sub> 박막에 적용함에 있어 아주 우수한 연마특성을 나타냄을 알 수 있었다.

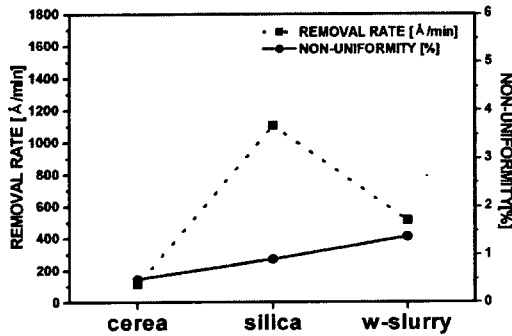


그림2. 산화제 첨가량에 따른 연마율과 비균일도  
Fig. 2. non-uniformity and removal rate regarding the additional volume of oxidizer

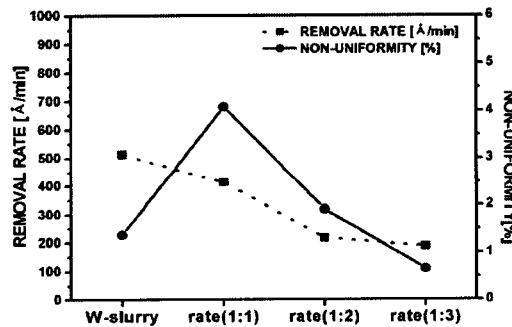


그림3. 슬러리 종류에 따른 연마율과 비균일도  
Fig. 3 non-uniformity and removal of used slurry

그림 3은 W-slurry 원액에 산화제를 첨가하였을 때 산화제 증가량에 따른 연마율과 비균일도 특성을 나타낸 그림이다. 그림 3과 같이 산화제의 첨가량이 원액 slurry와 1:1로 배합된 슬러리의 경우 연마율은 415Å, 1:2로 배합된 슬러리의 경우 연마율은 217Å, 1:3으로 배합된 슬러리의 경우 연마율은 190Å임을 알 수 있었다. 그림 3과같이 산화제의 첨가량이 증가할수록 금속막(copper)과는 반대로 연마율은 감소하는데 이는 산화제가 연마입자의 크기를 감소시킴으로서 경질의 SnO<sub>2</sub> 박막을 CMP 하는데 있어 연마물면에서는 좋지 않는 특성을 나타내는 것으로 보인다. 비균일도는 1:1인 경우가

4.08%, 1:2인 경우는 1.91%, 1:3인 경우 0.66%로서 산화제가 첨가된 슬러리 모두 5%이하의 비균일도를 나타내었다.

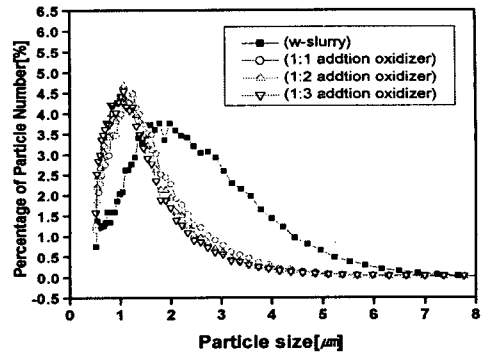


그림4. 산화제 첨가량에 따른 연마입자의 크기  
Fig. 4. particle size regarding the additional volume of oxidizer

그림 4는 W-slurry의 산화제 첨가량에 따른 입도 분석결과를 나타낸 그림이다. 산화제를 첨가하지 않은 W-slurry의 평균 particle size는 2.01μm이었으며 산화제가 각각 1:1, 1:2, 1:3의 배율로 첨가된 W-slurry의 평균 particle size는 1.40μm, 1.29μm, 1.26μm이었다. 산화제 첨가량이 증가할수록 그림 4와 같이 연마입자의 크기는 감소하였는데, 연마입자를 산화시킴에 따라 화학적 반응에 의해 연마입자의 입자반경이 줄어들어 연마제 입자의 크기감소를 한 것으로 생각된다.

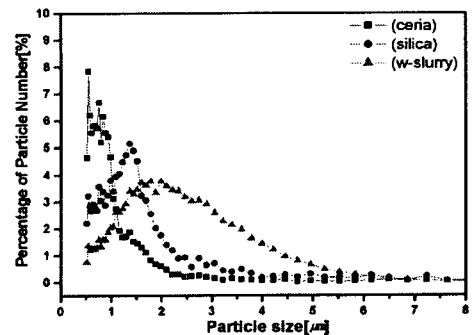


그림5. slurry의 입도분석  
Fig. 5. particle size analysis of used slurry

그림 5는 Ceria, Silica, Tungsten slurry의 입도 분석결과를 나타낸 그림이다. Ceria의 경우는 평균

입자크기기가 1.05 $\mu\text{m}$ 였으며 Silica의 경우는 1.72 $\mu\text{m}$ , Tungsten slurry의 경우는 2.01 $\mu\text{m}$ 였다. SnO<sub>2</sub> 박막이 산화막과 유사한 연마특성을 갖는다고 감안할 때 절연막에 사용되는 Ceria slurry와 Silica slurry 중 입자크기가 큰 Silica slurry 높은 연마율특성을 보이는 것으로 추정된다.

성에 미치는 annealing 효과“ 전기전자재료학회 춘계논문지 pp. 99~102, 2003

#### 4. 결 론

본 논문에서는 슬러리의 종류에 따른 SnO<sub>2</sub>박막의 CMP특성과 연마제 입자의 입도특성을 알아보았다. 본 실험에 사용되었던 Ceria slurry, Silica slurry, Tungsten slurry중 Silica slurry가 가장 높은 연마율을 보였으며 비균일도 또한 5%이하의 안정된 특성을 보였다. 또한 산화제의 첨가량이 1:1~1:3까지 증가할수록 연마입자는 산화 부식작용에 의해 감소를 하였으며 연마율은 감소를 하였다. Ceria slurry, Silica slurry의 입도분석결과를 통해서 Silica slurry가 큰 입자크기에서 연마제들이 slurry내에 분포하고 있음을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.(KRF-2002-005-D00011)

#### 참고 문헌

- [1] A. Salehi and M. Gholizadde, Sensor and actuators 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.
- [4] 박경희, 서용진, 이우선, 박진성 "SnO<sub>2</sub> 박막 특