

# WO<sub>3</sub> 박막의 광역평탄화 특성

## Global planarization Characteristic of WO<sub>3</sub>

이우선\*, 고필주\*, 최권우\*, 김태완\*, 서용진\*\*

조선대학교 전기공학과\*, 대불대학교 전기전자공학과\*\*

Woo-Sun Lee\*, Pi-Ju Ko\*, Gwon-Woo Choi\*, Tae-Wan Kim\*, Yong-Jin Seo\*\*

### Abstract

Chemical mechanical polishing (CMP) process has been widely used to planarize dielectric layers, which can be applied to the integrated circuits for sub-micron technology. Despite the increased use of CMP process, it is difficult to accomplish the global planarization of in the defect-free inter-level dielectrics (ILD). we investigated the performance of WO<sub>3</sub> CMP used silica slurry, ceria slurry, tungsten slurry. In this paper, the effects of addition oxidizer on the WO<sub>3</sub> CMP characteristics were investigated to obtain the higher removal rate and lower non-uniformity.

**Keywords** : chemical mechanical polishing (CMP), slurry, removal rate, non-uniformity

### 1. 서 론

CMP(chemical mechanical polishing)공정은 deep 서브마이크론 집적회로의 다층배선구조를 실현하기 위해 IMD, ILD, PMD 층과 같은 절연막 외에도 W, Al, Cu와 같은 금속층을 평탄화[1, 2] 하는데 효과적으로 사용되고 있으며, 다양한 소자 제작 및 새로운 물질 등에도 광범위하게 응용되고 있다.[3] WO<sub>3</sub> 박막은 센서로써 식품의 관리, 발효공정의 제어, 환경 계측 및 제어등의 응용분야뿐만 아니라 가스계측에 의한 물리, 화학 반응의 분석 등 기초연구에 이르기까지 넓은 응용범위를 가지고 있다.[4] CMP는 웨이퍼와 연마 패드 사이에 존재하는 연마제(abrasive)에 의한 기계적인 연마와 슬러리에 의한 화학적 에칭이 동시에 일어나는 공정이다. 이러한 CMP 공정에 영향을 미치는 주요한 변수로는 슬러리의 화학적·기계적인 역할, 패드의 재질 및 기계적 특성, 패드 컨디션, 연마장비의 공정변수, 연마 후 세정 공정[5], 표면 결합

분석 방법 등을 들 수 있다. 따라서, 모든 공정과 장비에 대한 이해와 모든 변수에 대한 조절이 이루어져야 한다. 특히, 이러한 변수들의 최적화된 조합에 의한 CMP 공정 후에 연마제거율과 비균일도는 CMP 공정의 제어 및 품질과 관련하여 중요한 위치를 차지하고 있다. 연마제거율은 CMP 공정 전의 두께에서 CMP 공정 후의 두께를 빼고 거기에 다시 연마시간으로 나눈 값으로, 이를 통해 웨이퍼 내의 박막 두께에 대한 균일도를 나타내는 기준이다. 웨이퍼 두께에 대한 표준 편차를 평균으로 나눈 값에 대해 백분율로 계산된 값으로 웨이퍼내의 비균일도(within wafer non-uniformity; WIWNU), 웨이퍼간 비균일도 등이 있다. 본 논문에서는 WO<sub>3</sub>박막의 CMP 연마특성을 연구하기 위해 W-Slurry에 산화제를 첨가하여 실험하였으며, 각각 슬러리와 산화제의 조성에 따른 연마 제거율과 비균일도를 측정하여 WO<sub>3</sub> CMP 특성과의 관계를 조사하여 CMP를 WO<sub>3</sub> 공정제어 센서 응용가능성

을 연구하고자 한다.

## 2. 실험

본 실험에서는 각각의 슬러리와 산화제 첨가에 따른 연마율과 비균일도를 측정하기 위해 실험을 진행하였다.

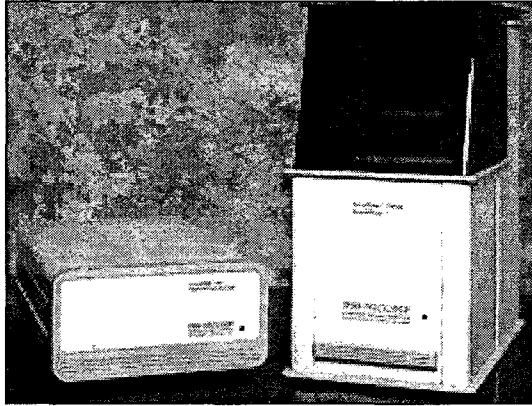


그림 1. 입도 분석기(Accusizer 780)

Fig 1. Particle Size Analyzer(Accusizer 780)

그림 1의 PSS(Particle Sizing System)인 Accusizer 780을 사용하여 텅스텐 슬러리와 산화제 첨가에 따른 입도 분석을 하였다.

표 1. 증착 공정 조건

Table 1. Deposition process parameter

Sputter parameters	Sputter condition
Flow rate	20sccm
Power	60W
Substrate temperature	28℃
Deposition time	60min
Substrate rotation	20rpm
Working Vacuum pressure	$5 \times 10^{-3}$ Torr
Target	WO <sub>3</sub> (99.995%)
Target to substrate distance	6cm
Deposition thickness	8000 Å

표 1 은 4"인치 웨이퍼를 이용 WO<sub>3</sub> 박막을 증착시키는 공정 조건을 나타낸 표이다. Flow rate는 20sccm, power 60W, 증착시간 60분, 진공은  $10^{-3}$ Torr로 하였으며 20rpm으로 회전 하였다.

표 2. 슬러리 목록

Table 2. Slurry a List

No	Slurry composition
1	W slurry(MSW-2000A) + Oxidizer(MSW-2000B) (1 : 2)
2	W slurry(MSW-2000A) + Oxidizer(MSW-2000B) (1 : 3)
3	W slurry(MSW-2000A) + Oxidizer(MSW-2000B) (1 : 4)
4	W slurry(MSW-2000A) + Oxidizer(MSW-2000B) (1 : 5)

본 실험에 사용된 슬러리는 표 2과 같이 텅스텐 슬러리에 산화제를 각각 1:2, 1:3, 1:4, 1:5로 첨가한 슬러리를 사용하여 실험을 하였다.

표 3. CMP장비의 공정조건

Table 3. Process condition of CMP equipment

Table speed	6 0 [rpm]
Head speed	6 0 [rpm]
Down Force	3 0 0 [g/cm]
Polishing time	9 0 [sec]
Slurry flow rate	9 0 [ml/min]

표 3 는 CMP의 공정조건을 나타낸 것으로 테이블의 회전 속도는 60 rpm, 헤드 스피드는 60 rpm, 헤드 압력은 300 g/cm, 슬러리의 유속은 90ml/min으로 설정하여 90sec동안 연마를 진행하였다. 연마 패드는 Rodel사의 IC-1300 과 Suba IV를 PSA II로 접촉시킨 이중패드를 사용하였다.

CMP 공정 후 웨이퍼 세정은 2분동안 NH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O 를 1 : 2 : 7의 비율로 제조된 SC-1 케미컬에서, 1분간 1 : 10의 DHF 용액에서, 마지막으로 초음파 세척기를 이용하여 5분 동안 클리닝하였다. 또한, 패드 컨디셔닝에 의한 영향을 막기 위해 컨디셔닝 압력을 2 kg/cm<sup>2</sup>으로 고정하였고, 패드는 안정된 상태이어서 교체 없이 사용하였으며, 슬러리는 aging 현상을 방지하기 위하여 연마 전에 교반기를 이용하여 충분히 교반시켜 주었다.

마지막으로 연마율을 계산할 때 측정에 따른 변수를 막기 위해 Ellipsometers를 이용하여 측정위치를 중앙에서 가장자리까지 9점의 동일한 지점들을 측정하였다.

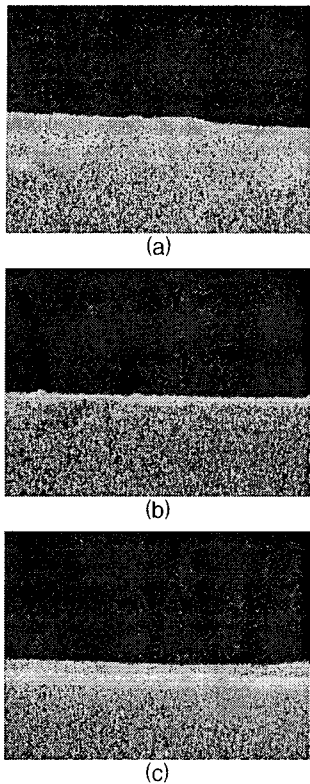


그림 2. WO<sub>3</sub> SEM 사진

fig 2. SEM image of post CMP

(a) CMP전 (b) 0.33wt% (c) 0.2wt%

(a) pre-CMP (b) 0.33wt% (c) post-CMP

그림 2는 WO<sub>3</sub> CMP 하기 전 SEM사진과 0.33wt%의 산화제를 첨가한 SEM사진과 0.2wt%의 산화제를 첨가한 SEM사진이다. 그림과 같이 산화제를 첨가 할수록 막이 표면에 산화현상이 많이 일어났으나 산화제를 많이 넣을수록 WO<sub>3</sub> 박막의 제거되는 비율이 적어 졌다. 그이유는 WO<sub>3</sub> 막이 산화제 영향을 많이 받지 않기 때문으로 생각된다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

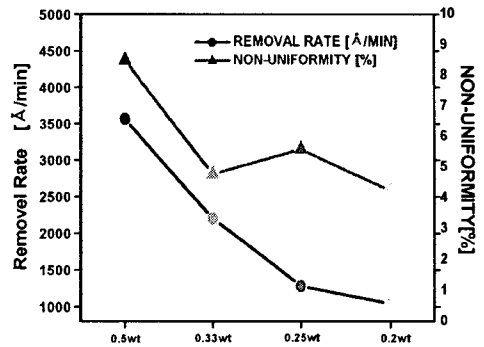


그림 3. 슬러리 조성에 따른 연마율과 비균일도 비교

Fig 3. Removal rate and non-uniformity comparative of each slurry

그림 3은 WO<sub>3</sub>박막에 산화제 첨가에 따른 연마 제거율과 비균일도를 나타낸 것으로, 텅스텐 슬러리와 산화제를 각각 0.5wt%, 0.33wt%, 0.25wt%, 0.2wt%를 첨가하여 연마 제거율과 비균일도를 나타낸 그림이다. 연마 제거율은 0.5wt%가 가장 높게 나타났으나 비균일도는 가장 나쁜 것으로 나타났다. 0.5wt%는 가장 낮은 연마율과 가장 좋은 비균일도 특성을 보였다. 산화제를 첨가할수록 연마 제거율은 낮아지는 반면 비균일도는 향상되는 것을 알 수 있다. 그 이유는 산화제가 첨가될수록 연마율은 나빠지고 비균일도는 향상된다.

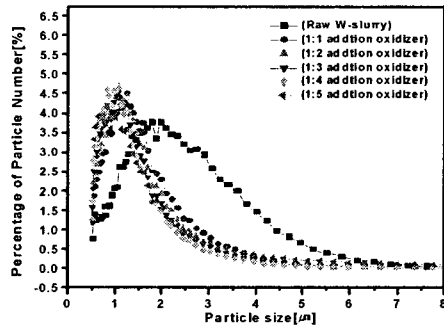


그림 4. 산화제 첨가량에 따른 연마의 입자크기

Fig 4. particle size regarding the additional volume of oxidizer

그림 4는 텅스텐 슬러리 첨가에 따른 입도분석을 나타낸 그림이다. 산화제를 첨가하지 않은 W-slurry의 평균 particle size는  $2.01\mu\text{m}$ 이었으며 산화제가 각각 0.5wt%, 0.33wt%, 0.25wt%, 0.2wt%의 비율로 첨가된 W-slurry의 평균 particle size는  $1.40\mu\text{m}$ ,  $1.29\mu\text{m}$ ,  $1.26\mu\text{m}$ ,  $1.21\mu\text{m}$ ,  $1.35\mu\text{m}$  이었다. 산화제 첨가량이 증가할수록 그림 4에서와 같이 연마입자의 크기는 감소하였다. 산화제가 0.25wt%의 첨가 비율까지는  $1.21\mu\text{m}$ 로 연마입자가 계속 감소하는 현상을 보이다가 0.2wt%의 첨가 비율에서는 다시 연마입자의 크기가 다소  $1.35\mu\text{m}$ 로 증가를 하였는데 이는 산화제의 과잉첨가가 연마입자의 뭉침 현상 (aggregation)[6]을 발생시키기 때문으로 생각된다. 그러나 첨가량이 더 증가하면서부터 산화와 환원의 계속적인 반응에 의하여 연마입자의 크기가 거의 일정함을 나타내었다.

### 결 론

본 논문에서는  $\text{WO}_3$  박막을 센서로 활용하기 위한 물성을 연구하기 위해 산화제 첨가에 따른 CMP특성을 실험하였다. 산화제를 첨가하여  $\text{WO}_3$  CMP를 하였을 때 산화제를 첨가 할수록 연마율은 낮아졌으며 비균일도는 산화제를 첨가할수록 향상됨을 보였다. 산화제 첨가에 따른  $\text{WO}_3$ 박막의 CMP 특성은 W-Slurry에 산화제를 0.33wt% 첨가 하였을 때 가장 좋은 특성을 나타내었다.

### 참 고 문 헌

[1] Woo-Sun Lee, Sang-Youg Kim, Youg-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, No. 1, pp. 63-68, 2001

[2] Youg-Jin Seo, Sang-Youg Kim, Woo-Sun Lee, "Optimization of Pre-Metal Dielectric (PMD) Materials", Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, No. 9, pp. 551-554, 2001.

[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] 김한수, 한상도, 김선태, "WO<sub>3</sub> 후막형 선서의 H<sub>2</sub>S 감응특성" 대한환경공학회 2001 춘계연학술연구 발표회, 논문집 제 2권, pp 11-12, 2001

[5] Youg-Jin Seo, Woo-Sun Lee, Sang-Youg Kim, Ji-Sung Park, Eui-Goo Chang, "Optimization of Post-CMP Cleaning Process for Elimination of CMP Slurry Induced Metallic Contaminations", Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publisher, Vol. 12, No. 7, pp. 441-415, 2001.

[6] Kevin Cooper, Anand Gupta, and Stephen Beaudoin, "THEORETICAL ANALYSIS OF THE ADHESION OF ASYMMETRICAL ALUMINA PARTICLES TO THIN FLIMS ", Process of Electrochemical society, Vol. 37, No. 1, pp. 391-395, 1999