

WO₃ CMP의 광역평탄화 특성

이우선^{*}, 고필주^{*}, 최권우^{*}, 이영식^{*}, 서용진^{**}

조선대학교 전기공학과^{*}, 대불대학교 전기전자공학과^{**}

Global planarization Characteristic of WO₃ CMP

Woo-Sun Lee^{*}, Pi-Ju Ko^{*}, Kwon-Woo Choi^{*}, Young-Sik Lee, 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 WO₃ CMP used silica slurry, ceria slurry, tungsten slurry. In this paper, the effects of addition oxidizer on the WO₃ CMP characteristics were investigated to obtain the higher removal rate and lower non-uniformity.

Key Words : chemical mechanical polishing (CMP), slurry, oxidizer, removal rate, non-uniformity

1. 서 론

WO₃ 박막은 센서로써 식품의 관리, 발효공정의 제어, 환경 계측 및 제어등의 응용분야뿐만 아니라 가스계측에 의한 물리, 화학 반응의 분석 등 기초 연구에 이르기까지 넓은 응용범위를 가지고 있다.[1] CMP(chemical mechanical polishing)공정은 deep 서브마이크론 집적회로의 다층배선구조를 실현하기 위해 IMD, ILD, PMD 층과 같은 절연막 외에도 W, Al, Cu와 같은 금속층을 평탄화[2, 3] 하는데 효과적으로 사용되고 있으며, 다양한 소자 제작 및 새로운 물질 등에도 광범위하게 응용되고 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 컨디셔닝, 연마장비의 공정변수, 연마 후 세정 공정[5], 표면 결함 분석 방법등을 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 위

치를 차지하고 있다. 연마제거율은 CMP 공정 전의 두께에서 CMP 공정 후의 두께를 빼고 거기에서 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. WO₃박막에 Ceria 슬러리와 Silica(A) 슬러리와 Silica(B) 슬러리와 텅스텐 슬러리에 산화제를 첨가하여 실험하였으며. 각각의 슬러리 조성에 따른 연마제거율과 비균일도를 측정하여 WO₃ CMP 특성과의 관계를 조사하였다.

2. 실험

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

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

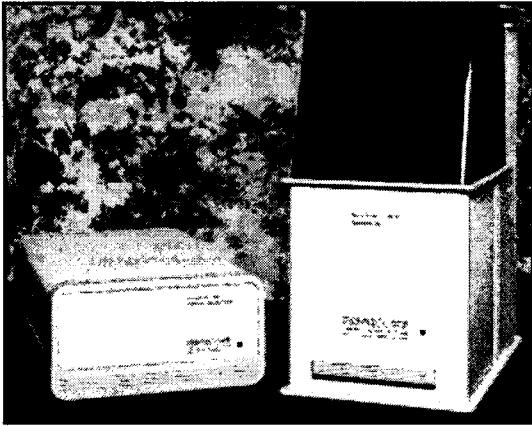


그림 1. 입도분석기 Accusizer 780
Fig. 1. Particle Size Analyzer Accusizer 780

표 1 은 4"인치 웨이퍼를 이용 WO₃ 방막을 증착시키는 공정 조건을 나타낸 표이다. Flow rate는 20scm, power 60W, 증착시간 60분, 진공은 10⁻³Torr로 하였으며 20rpm으로 rotation하였다.

표 1. 증착 공정 조건
Table 1. Deposition process parameter

Sputter parameters	Sputter condition
flow rate	20scm
power	60W
substrate temperature	28°C
deposition time	60min
substrate rotation	20rpm
working Vacuum pressure	5×10 ⁻³ Torr
target	WO ₃ (99.995%)
target to substrate distance	6cm

본 실험에 사용된 슬러리는 표 2과 같이 Ceria 슬러리와 Silica 슬러리 각각 (A)와 (B)를 사용하였고 텅스텐 슬러리에 산화제를 각각 1:2, 1:3, 1:4, 1:5로 첨가한 슬러리를 사용하여 실험을 하였다.

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. 연마패드는 Rodel사의 IC-1300 과 Suba IV 를 PSA II로 접착시킨 이중패드를 사용하였다.

표 2. 슬러리 목록

Table 2. Slurry a List

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

표 3. CMP 장비의 공정조건

Table 3. Process conditions 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]

CMP 공정 후 웨이퍼 세정은 2분동안 NH₄OH : H₂O₂ : H₂O 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/cm²으로 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 막기위해 Ellisometer를 이용하여 측정위치를 중앙에서 가장자리까지 9점의 동일한 지점들을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 슬러리에 따른 연마제거율과 비균일도를 나타낸 것으로, Ceria 슬러리와 Silica 슬러리 (A)와 Silica 슬러리(B)의 연마제거율과 비균일도를 나타낸 그림이다. 연마제거율은 Ceria 슬러리가 가장 높게 나타 났으나 비균일도는 나쁘게 나타난 것을 볼수 있다. Silica(A)와 (B)를 비교하여 보면

Silica(B)가 높은 연마율과 낮은 비균일도 특성을 보인 반면 Silica(A)는 낮은 연마율과 높은 비균일도를 보인 것을 알 수 있다. Silica(B)가 Ceria 보다 낮은 연마율을 보였으나 비균일도 면에서는 안정된 비균일도를 확보할 수 있었다

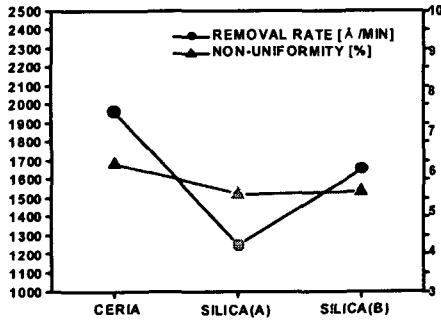


그림 2. 슬러리에 조성에 따른 연마율과 비균일도 비교

Fig 2. Removal rate and Non-uniformity slurry composition

그림 3는 산화제 첨가에 따른 연마제거율과 비균일도를 나타낸 것으로, 텡스텐 슬러리와 산화제를 각각 1:2, 1:3, 1:4, 1:5를 첨가하여 연마제거율과 비균일도를 나타낸 그림이다. 연마제거율은 1:2가 가장 높게 나타났으나 비균일도는 가장 나쁜 것으로 나타났다. 1:5는 가장 낮은 연마율과 가장 좋은 비균일도 특성을 보였다. 산화제를 첨가할수록 연마제거율은 낮아지는 반면 비균일도는 향상되는 것을 알 수 있다.

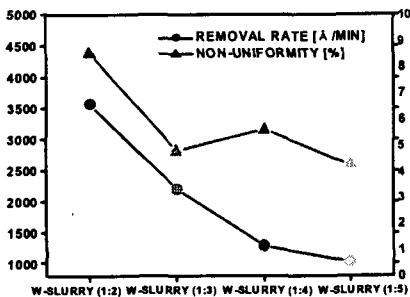


그림 3. 슬러리에 조성에 따른 연마율과 비균일도 비교

Fig 3. Removal rate and Non-uniformity slurry composition

그림 4는 텡스텐 슬러리 첨가에 따른 입도분석을 나타낸 그림이다. 산화제를 첨가하지 않은 W-slurry의 평균 particle size는 2.01 μ m이었으며 산화제가 각각 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5의 비율로 첨가된 W-slurry의 평균 particle size는 1.40 μ m, 1.29 μ m, 1.26 μ m, 1.21 μ m, 1.35 μ m 이었다. 산화제 첨가량이 증가할수록 그림 4에서와 같이 연마입자의 크기는 감소하였다. 산화제가 1:4의 첨가 비율까지는 1.21 μ m로 연마입자가 계속 감소하는 현상을 보이다가 1:5의 첨가 비율에서는 다시 연마입자의 크기가 다소 1.35 μ m로 증가를 하였는데 이는 산화제의 과잉첨가가 연마입자의 뭉침현상(aggregation)을 발생시키기 때문으로 생각된다. 그러나 첨가량이 더 증가하면서부터 산화와 환원의 계속적인 반응에 의하여 연마입자의 크기가 거의 일정함을 관찰 할 수 있었다.

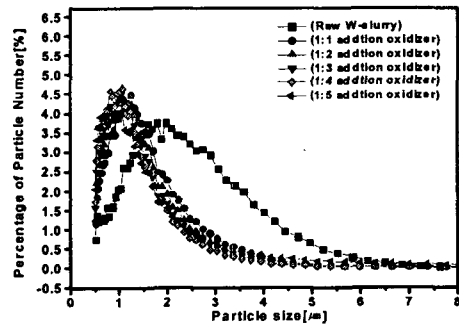


그림 4. 산화제 첨가량에 따른 연마입자의 크기
Fig. 4. particle size regarding the additional volume of oxidizer

4. 결론

본 논문에서는 슬러리 조성과 산화제 첨가에 따른 WO₃ CMP특성을 알아보기 위해 실험하였다. Ceria 슬러리와 Silica(A)슬러리와 Silica(B)슬러리를 사용하여 WO₃를 CMP를 한 결과, Silica(B)슬러리를 CMP한 경우 연마율에서는 비슷하나 가장 좋은 비균일도를 얻을 수 있었다. WO₃를 텡스텐 슬러리에 첨가제를 각각 1:2, 1:3, 1:4, 1:5를 첨가하여 CMP를 한 결과, 첨가제를 1:2를 첨가하여 실험을 하였을 때 가장 높은 연마율을 보였다. 그러나 비균일도는 가장 나쁘게 나타났다. 첨가제를 첨가하여 실험을 하였을 때 연마율은 가장 낮게 나타났지만 비균일도는 가장 좋게 나타났다. 산화제를 첨

가하여 WO₃ CMP를 하였을때 산화제를 첨가 할수록 연마율은 낮아졌으며 비균일도는 산화제를 첨가할수록 향상됨을 보였다. 또한 향후에 CMP후 WO₃의 SEM측정을 통해 산화제 첨가에 따른 WO₃ CMP 신뢰성 평가와 더불어 표면의 스크래치 등의 공정결함에 대한 조사가 이루어져야 할 것으로 본다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] 김한수, 한상도, 김선태, "WO₃ 후막형 선서의 H₂S 감응특성" 대한환경공학회 2001 춘계연학술연구 발표회, 논문집 제 2권, pp 11-12, 2001
- [2]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 Electornics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, No. 1, pp. 63-68, 2001
- [3]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 Publichers, Vol. 12, No. 9, pp. 551-554, 2001.
- [4] 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.
- [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 Acadmic Publisher, Vol. 12, No. 7, pp. 441-415, 2001.