

W CMP 세정 공정에서 DHF에 적용에 관한 연구

김상용, 서용진*, 이우선**, 김창일***, 장의구***

아남반도체, 대불대학교*, 조선대학교**, 중앙대학교***

A Study of DHF application at W CMP Cleaning Process

Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo*, Woo-Sun Lee**, Chang-il Kim***, Eui-Goo Chang***

ANAM Semiconductor, Deabul University*, Chosun University**, Chungang University***

Abstract

In this study, we evaluated the dilute HF Cleaning to reduce residual defects made by W CMP process. But, One point we should focus is It should not effect to metal thin film reliability. The purpose of this test is to verify barrier metal damage during HF cleaning and based on this result we get rid of slurry residue defect which is main defect of W CMP process for the better yield.

Key Words : DHF, W CMP, RESIDUE, BARRIER METAL, CLEANING

1. 서 론

최근 반도체 소자의 고속화 및 고집적화에 따라 0.35 μm 이하의 공정 기술에서는 미세 패턴 형성을 위한 노광 장치의 초점심도(depth of focus ; DOF)에 대한 공정 여유(process margin)가 줄어들어 따라 충분한 초점심도를 확보하기 위해 광역 평탄화(global planarization)가 필요하게 되어 CMP 기술이 필수적인 공정으로 널리 사용되고 있다[1]. 그러나 이러한 CMP 기술이 반도체 칩의 제조에 필수적인 공정으로 매우 유망한 기술임에는 틀림없으나, 마이크로 스크래치(micro-scratch)에 의한 소자 불량, 잔유물이 남아서 세정공정 이후에 남아서 소자에 막대한 영향을 주어 수율(yield) 저하 등이 반도체 제조공정에 심각하게 영향을 미치고 있다.[2] 이는 CMP 공정에서 연마제로 사용하는 슬러리(slurry) 내에 함유되어있는 불순물이나 슬러리 잔여물이 남아서 웨이퍼 표면에 마이크로 스크래치 및 내부 연결 박막의 단락을 다량으로 발생시키기 때문이다.[3,4] 본 연구에서는 W CMP공정 과정에 생기는 잔유물을 제거하고자

세정공정에 Dilute HF(DHF)를 적용하여 평가하였다. DHF를 사용할 경우 크게 우려할 점은 금속 박막에 영향을 주지 않아야 한다는 전제를 두고 평가를 실시하였다. 본 실험의 목적은 Post CMP Cleaning시 HF에 의한 Barrier Metal Attack 유무를 확인하고, 이를 토대로 Post W CMP Cleaning 시 Dilute HF의 적용 가능성을 통해 W CMP Process의 Main defect 중 하나인 Slurry Residue 성 Particle의 발생을 배제시켜 Yield 향상을 도모하기 위한 것이다.

2. 실험

본 실험에 사용된 웨이퍼는 일정한 패턴 조건에 $0.33 \pm 0.02 \mu\text{m}$ 크기의 플러그를 형성했으며, IMP. 스피터로 베리어 금속(Ti/TiN Metal) 200A/100A를 증착했으며, AMAT사 CVD장치로 텅스텐 8000A를 증착한 후 FSI 776 W CMP 연마 장비로 연마한 후 기본적으로 CMP 후 세정을 위해 SC-1 Chemical + DHF(split) + Rinse + Spin Rinse Dry 순서로 세정하였다. 세정공정에서 다양한 조

건으로 HF 농도 별로 평가했으며, 두께 측정 장비로 산화막과 텅스텐 막의 변화를 관찰하고 Defect나 잔유물을 관찰하기 위해 KLA-2139 장치를 이용하였다. AFM은 Digital instruments사의 D-7000과 SEM은 Jole사의 JSM 6340F, TXRF은 Technos사의 610T 장치를 사용하여 Plug recess, barrier metal structure analysis, metal contamination을 각각 분석하였다. via(single, nom) 저항을 평가하고자 HP사의 HP4062 parametric tester로 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Barrier Metal (Ti/TiN) Etch-Amount

그림 1와 같이 CVD TiN의 경우, 현재의 Process Condition을 고려 할 때 3~4A으로 거의 무시 가능 할 수준으로 나타나며 HF Split Condition에 따른 유의 차가 없음을 알 수 있다.

Imp Ti의 경우, Dilute HF 10"까지는 0~3A의 미미한 수준으로 나타나며, Dilute HF 20" condition에서부터 증가하는 양상을 보이고 있다. 이는 HF에 의한 효과와 더불어 776 Machine의 "Brush Contact" Cleaning 방식과의 복합 효과로 판단되어 진다. 이와 같은 Ti의 HF에 의한 Etch-amount로 인한 Process Effect는 추후 Parametric Test를 통해서 정확하게 분석되어 질 것이다.

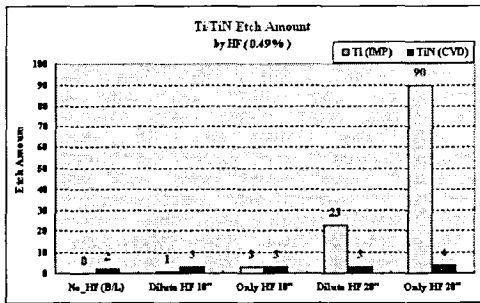


그림 1. Barrier Metal Etch Amount

3.2. In-line Thickness Data & Oxide loss

D_HF 20" & HF 20" Condition에서 Oxide loss amount가 약 50A 높게 나타나는 것은 HF에 의한 TEOS의 Etch Rate에 의한 것이며, 실제로 이 실험의 궁극적인 목적 또한 Barrier Metal에 Attack을 주지 않은 최소한의 HF 사용을 통해 표 1의 결과와 같은 HF에 의한 Oxide의 최소 Loss를 도모함으로써 Polish 후 Wf Surface에 있는 Particle & Slurry Residue의 감소 효과를 보기 위함이다. 이는 또한 Oxide Film 내부로 침투된 Metal-Contamination 제거 효과 또한 기대된다

표 1. In-line Thickness Data

| Recipe | No HF (B/L) | | D HF10 | | HF10 | | D HF20 | | HF20 | |
|------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | w#5 | w#10 | w#10 | w#16 | w#16 | w#21 | w#21 | w#24 | w#24 | |
| Step | BD CMP | WCMP | BD CMP | WCMP | BD CMP | WCMP | BD CMP | WCMP | BD CMP | WCMP |
| Point1 | 6680.2 | 6113.3 | 6607.8 | 6139.8 | 6540.6 | 6019.8 | 6729.9 | 6237 | 6373.8 | 6013.1 |
| Point2 | 6690.2 | 6166.2 | 6662.7 | 6025 | 6602.6 | 6014.4 | 6787 | 6122 | 6615.1 | 6082.9 |
| Point3 | 6783.9 | 6110.8 | 6701.9 | 6108.7 | 6717.7 | 6111.7 | 6840.7 | 6111.5 | 6354 | 6021.3 |
| Point4 | 6671.6 | 6364.7 | 6379.3 | 6034.2 | 6366.6 | 5940.4 | 6633.9 | 6189 | 6474.9 | 5894.1 |
| Point5 | 6383.5 | 6165 | 6332.4 | 5878.1 | 6474.5 | 5830.4 | 6696.7 | 6143 | 6462.6 | 5839.8 |
| Point6 | 6823.9 | 6196.9 | 6922.3 | 6292.1 | 6796.2 | 6186.2 | 6962.3 | 6178.2 | 6811.6 | 6174.1 |
| Point7 | 7112 | 6408.6 | 7116.5 | 6316.6 | 6993 | 6353.5 | 7233.5 | 6327.3 | 6900.9 | 5977 |
| Point8 | 6928.1 | 6140.2 | 6939 | 6238.4 | 6742.1 | 6107.8 | 7002 | 6304.2 | 6782.6 | 6130.2 |
| Point9 | 6733.6 | 6074.4 | 6921.6 | 6304 | 6726.6 | 6123.1 | 7101.6 | 6481.4 | 6769.7 | 6106.9 |
| avg | 6734 | 6161 | 6779 | 6173 | 6685 | 6081 | 6889 | 6338 | 6679 | 6025 |
| Oxide loss | 0.23 | | 0.05 | | 0.04 | | 0.51 | | 0.45 | |

3.3. In-line defect 고찰

HF 사용으로 인한 Slurry Residue성 Trend는 그림2에서 알 수 있듯이 Base-line에서 2ea 발생, 나머지 Split condition은 관찰되지 않거나 1건 정도 관찰됨을 알 수 있다. 이는 Metal Sputter 후 Residue성 Particle의 Control 기준으로 보아 매우 미약한 수준으로 나타나고 있으나, HF 사용으로 인한 Oxide Film의 추가 loss로 인해 Residue의 감소 Trend의 관찰은 가능하다.

| | No HF (B/L) | Dilute HF 10" | Only HF 10" | Dilute HF 20" | Only HF 20" |
|------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| IR SCAN MAP (40) | | | | | |
| Cell | 5 | 11 | 5 | 9 | 4 |
| Cell2 | 3 | 5 | 6 | 4 | 2 |
| Cell3 | 0 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| Cell9 | 2 | 8 | 8 | 1 | 8 |

그림 2. 조건별 CMP defect를 관찰한 결과

그림3은 실제 In-line에서 Vial W CMP에 대한 DHF 적용한 공정과 적용하지 않은 공정의

Slurry Residue성 Particle Trend를 비교 한 결과이다. 그림3 을 통해 앞으로 Dilute HF를 적용 할 시의 Residue성 Particle이 전혀 없이 완전 제거됨을 볼 수가 있다

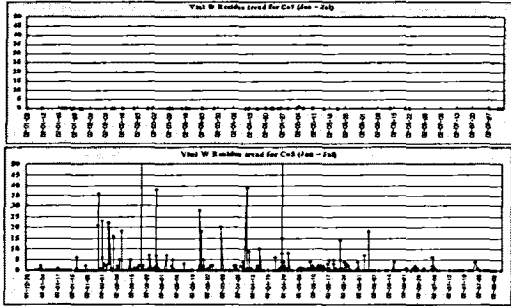


그림 3. DHF적용 유. 무에 따른 CMP 공정의 DEFECT결과

3.4. Parametric Test Data_Vial1 Single & Nom RSH DATA고찰

그림4와 같이 Parametric Full Test 결과를 종합하면, 각 Split Item 중 가장 좋은 Vial Single / Chain 저항을 갖는 조건은 Dilute HF 20" 의 조건이며, 가장 좋지 않은 조건은 No_HF 조건이다. 저항에 대한 Standard Deviation 값의 분포 또한 동일한 Trend를 보여 주고 있음을 알 수 있다.

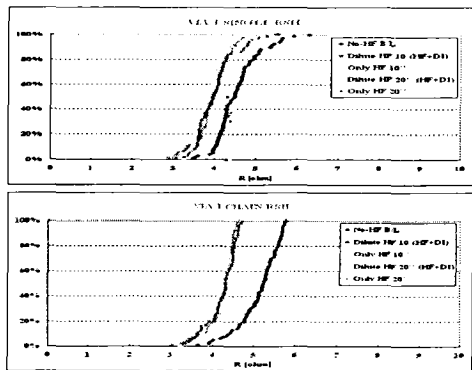


그림 4. Vial Single/Chain 저항의 Cumulative Graph

HF를 사용하는 Split Group 들은 모두 비슷한 Data 분포를 가지고 있으며, HF를 사용하지 않는 공정과는 구별된다. 이는, 미량이긴 하나 HF의 사

용으로 인한 추가적인 Oxide loss를 통해 Wafer Surface에 NH_4OH 에 의해 제거되지 않고 잔존하던 Small Particle / Slurry Residue성 Particle 등의 추가적인 제거 효과와 더불어 TEOS Film Surface로 침투되어 있던 Metal 오염의 제거에 기인한 것으로 판단된다. 금속 오염 영향에 대해서는 TXRF 분석을 통해 각각의 Split Condition에 대한 금속 오염의 정도를 정밀하게 분석하여 Parametric Test 결과를 확인되어질 것이다.

3.5. AFM Analysis _ Plug Recess

그림 5 에서 알 수 있는 바와 같이 HF Split condition간 Plug Recess의 유의 차는 없으며, 각각의 Wafer내에서 Center / Edge Area 간 Recess 유의 차는 Split 조건에 관계없이 약 40 Å 정도로 나타나며, 이는 HF 사용 유무에 의한 것이 아니라 W CMP 장비인 SFI 776 장비의 Orbital Motion으로 인하여 나타나는 현상으로 판단되며 무시 할 만한 수준이다. 특히 Center Area에서는 Wafer 별 Recess 차이는 최대 14Å으로 HF사용에 의한 Plug Recess는 없는 것으로 판단된다.

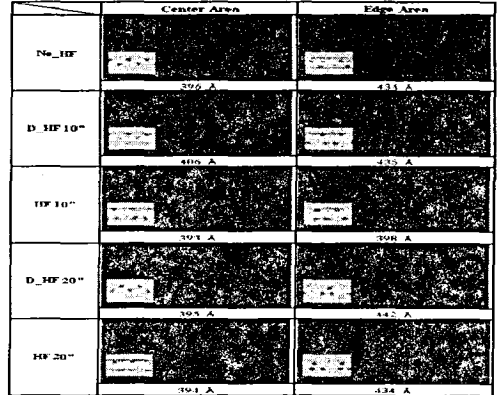


그림 5. 각 SPLIT별 W PLUG RECESS 결과

3.6. SEM Analysis

그림 6. 에서 보는 바와 같이 No_HF ,Dilute HF10" & HF10" Condition에서는 Barrier Metal attack이 없음을 확인 가능하다. Dilute HF20", HF20" Condition의 경우 SEM 장비의 Resolution이 감소하여 정확히 확인 하기는 어려운 상태이다.

그러나 Parametric Test 결과를 토대로 유추컨대 Dilute HF20", HF20" Condition 역시 Barrier Metal attack이 없으리라 판단되어 진다.

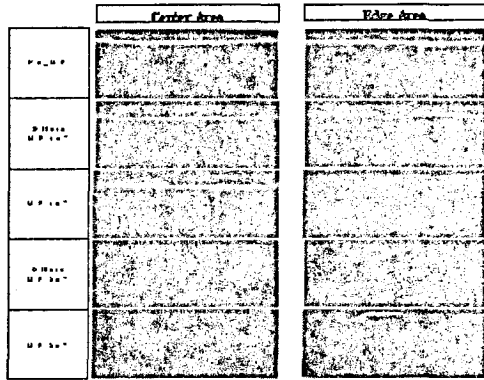


그림 6. Barrier Metal SEM Structure

3.7. TXRF Analysis

그림7에 보인 것처럼 TXRF analysis 결과는 HF 사용이 늘어갈수록 Metal Contamination이 감소되는 Trend를 보여 주고 있다. 이는, HF에 의한 TEOS(BPSG,PSG) Film 내부에 침투되어 있던 Metal Contamination이 Cleaning시 HF의 Oxide Film 추가 loss (약 50A)로 인해 제거되었기 때문이다. 이는 Parametric Test에서 Base-line (No_HF) Condition이 가장 높은 저항 값을 보여주었던 것과 동일한 결과를 보여 주고 있다.

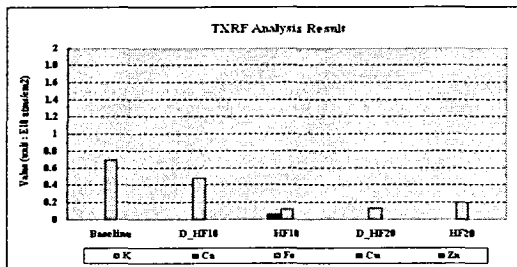


그림 7. HF 사용에 따른 Metal Contamination

4. 결론

W CMP 공정 후 발견되는 잔류물을 완전 제거하고자 세정 시 Dilute HF를 적용하기 위한 본 실

험에서, In-line Defect Data를 통해 HF 사용으로 인한 Slurry Residue성 Particle의 감소 Trend를 확인하였으며, Parametric Test에서는 HF 사용으로 인한 Barrier metal attack으로 인한 Device의 Electric Damage 현상이 없음을 확인했으며, 이는 SEM 구조 분석을 통하여 Visual Confirm이 되었다. 또한, 적절한 량의 HF 사용(Dilute HF)은 Oxide Film의 추가 Etch를 통해서 NH₄OH에 의해 제거되지 않고 웨이퍼 표면에 잔존하던 Small Particle / Oxide Film 내부의 metal Contamination을 제거 해 줌으로써 Device의 Parametric 특성과 Metal contamination 측면에서 오히려 우수한 결과가 나타남을 확인하였다. 또한 Post W CMP Cleaning시 HF의 사용 시 여러 가지 장점이 있으나, Al & Ti 등의 Metal 이 HF에 Week 함을 고려할 때, 본 실험의 Split Condition 중 Dilute HF10" Condition이 Metal에 Attack을 주지 않으면서 Slurry Residue성 Particle를 100% 제거 할 수 있는 가장 우수한 Condition이라 판단 된다. Parametric Test에서 Dilute HF10" 사용 시 이상이 없음을 확인되어 소자 수율 향상에 크게 개선이 되리라 판단된다.

참고 문헌

- [1] Sang-yong Kim, Nam-Hun Kim, Yong-Jin Seo, Chang-II Kim, Woo-Sun Lee, Eui-Goo Chang, "A study on Relationship between Pattern wafer and pattern wafer for STI CMP", J of KIEEME, PA-2, pp. 211-213, 1999.
- [2] G. Popescu, M. Lauwidjaja, L. Denney, K. Richardson, and A. Dogariu, "Aging effect in CMP slurries probed by multiple light scattering", Electrochem. Soc. Proc., Vol. 98, pp.59-68, 1999.
- [3] Bih-Tiao Lin and S-N Lee, "An Effective End Point Detector on Oxide CMP by Motor Current", IEEE Trans., Electron Device, pp. 295-298, 1999.
- [4] Sang-yong Kim, Chang-II Kim, Eui-Goo Chang, Yong-Jin Seo, "A study on EPD of STI CMP Process with Reverse Moat Pattern" J of KIEEME,OA-4, pp. 14-17, 2000.