

Metal CMP 세정 공정에서 DHF 적용에 관한 연구

Investigation on DHF Application at Metal CMP Cleaning Process

김상용*, 김남훈**, 김인표**, 장의구**

(Sang-Yong Kim*, Nam-Hoon Kim**, In-Pyo Kim**, and Eui-Goo Chang**)

Abstract

In this study, we evaluated the dilute HF cleaning to reduce residual defects made by metal CMP process. The purpose of this test is to observe the existence of barrier metal damage during DHF cleaning on condition that it should not affect metal thin film reliability, so we will get rid of slurry residual particles as a main defect of the metal CMP process for the better yield. In-line defect data showed us that slurry residual particles were removed by DHF application. The HF rinse significantly reduced metal contamination levels and surface roughness. The best effect by additional oxide loss was discovered when Dilute HF condition is 10".

Key Words : DHF, Barrier metal, Oxide loss, Residue, Metal contamination

1. 서론

최근 반도체 소자들이 점점 더 고속화 및 고집적화 되어지고 이에 따른 미세 패턴 형성을 위해 노광 장치의 초점심도(depth of focus; DOF)에 대한 공정여유가 줄어들어 따라 충분한 초점심도를 확보하기 위한 광역 평탄화가 필요하게 되어 CMP 기술이 필수적인 공정으로 널리 사용되고 있다[1]. CMP는 종전에 사용되어 왔던 공정과는 달리 특정 부분의 제거 속도를 조절하여 평탄화하는 기술로 소자의 고속화를 실현하기 위해 다층 배선이 요구되는 논리형 소자에서 많이 적용되고 있으며, 기억형 소자 역시 점차 CMP 적용을 늘리고 있는 추세이다[2]. 그러나 이러한 CMP 기술이 반도체 칩 제조에 있어 매우 유망한 기술임에는 틀림없으나, 슬러리(slurry) 내에 함유되어있는 불순물이나 슬러

리 잔류물이 남아서 웨이퍼 표면에 마이크로 스크래치 및 내부 연결 박막의 단락들을 다량으로 발생시켜 수율 저하를 야기시키는 등 아직도 개선할 많은 문제점들이 남아있는 실정이다[3,4]. 따라서 본 연구에서는 W CMP 공정 과정에 생기는 잔류물을 제거하고자 세정공정에 Dilute HF(DHF)를 적용시켜 보았다. 실험은 DHF 사용으로 인해 금속 박막에 영향을 주지 않아야 한다는 기본 전제하에 실시하였다. 본 실험의 목적은 CMP 공정 후 세정시 HF에 의한 확산 방지막 손상 유무를 확인하고, 이를 토대로 DHF의 적용 가능성을 통해 W CMP 공정의 주된 결함중 하나인 슬러리 잔류 입자의 발생을 배제시켜 수율 향상을 도모하기 위한 것이다.

2. 실험

본 실험에서는 일정한 패턴 조건에서 $0.33 \pm 0.02 \mu\text{m}$ 크기의 플러그가 형성된 웨이퍼위에 IMP 스퍼터로 확산 방지막(Ti / TiN Metal) 200Å / 100Å 을 증착 한후 AMAT사 CVD장치로 텅스텐 8000 Å을 증착하였다. 증착된 웨이퍼는 FSI 776 W

* : (주)아남반도체

** : 중앙대학교 전자전기공학부
(서울특별시 동작구 흑석동 221,
Fax: 02-825-8752

Corresponding Author : changeg@cau.ac.kr
2003년 1월7일 접수, 2003년 3월12일 1차 심사완료,
2003년 4월2일 2차 심사 완료

CMP 장비로 연마되었으며, 연마 후 세정을 위해 SC-1 Chemical → DHF(split) → Rinse → Spin Rinse Dry 순서로 진행하였다. 세정공정에 있어서 기본적인 HF와 이를 희석시켰을 때의 HF를 각각 농도별로 평가하였다. 또한 두께 측정 장비로 산화막과 텅스텐 막의 변화를 관찰하고, 결합과 잔류물을 관찰하기 위해 KLA-2139 장치를 이용하였다. AFM은 Digital Instruments사의 D-7000, SEM은 Jole사의 JSM 6340F를 사용하였으며, TXRF은 Technos사의 610T 장치를 사용하여 플러그 리세스, 확산 방지막 구조 분석, 금속 오염을 각각 분석하였다. 마지막으로 via(single, nom) 저항 평가를 위해 HP사의 HP4062 parametric 테스터를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1과 같이 CVD TiN의 경우에는 현재의 공정 조건을 고려 할 때 3~4Å 정도로 거의 무시 가능한 수준으로 나타나며, HF 스플릿 조건에 따른 유의차가 없음을 알 수 있다. Imp Ti의 경우, DHF 10"까지는 식각량이 0~3Å의 미미한 수준으로 나타나며, DHF 20" 조건에서부터 급격히 증가하는 양상을 보이고 있다. 이는 HF에 의한 요인과 FSI 776 장비의 "Brush Contact" 세정 방식의 복합 효과로 판단되어 진다. 이와 같은 Ti의 HF에 의한 공정 효과는 추후 parametric 테스트를 통해서 정확하게 분석되어 질 것이다.

표 1의 DHF 20" & HF 20" 조건에서 산화막 손실량이 약 50Å 정도 높게 나타나는 것은 HF에 의한 TEOS의 식각률에 의한 것이며, 실제로 이 실험의 궁극적인 목적 또한 확산 방지막에 손상을 주지 않는 범위 내에서 최소한의 HF를 사용하여 산화막 손실을 최소화시킴으로써 연마후 웨이퍼 표면에 남아있는 입자들과 슬러리 잔류물의 감소 효과를 보기 위함이다.

HF 사용으로 인한 슬러리 잔류물의 경향은 그림 2에서 알 수 있듯이 base-line에서 2개 발생하였고, 다른 스플릿 조건에서는 관찰되지 않거나 단지 1개만이 관찰되었다. 이는 잔류 입자의 제어기준으로 보아 매우 미미한 수준으로서, HF 사용에 따른 잔류물의 감소를 관찰할 수 있다.

그림 3은 실제 In-line에서 vial W CMP에 대해 DHF를 적용한 공정과 적용하지 않은 공정의

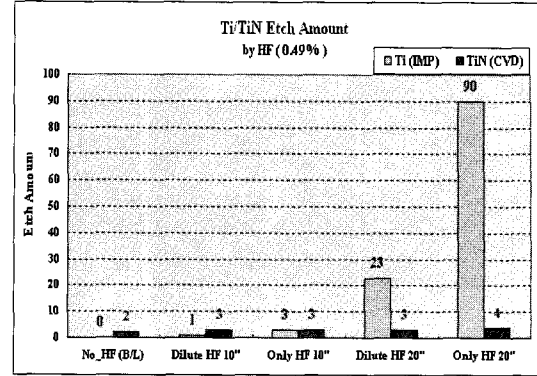


그림 1. 확산 방지막 식각량.

Fig. 1. Barrier metal etch amount.

표 1. In-line 두께 측정.

Table 1. In-line thickness data.

Recipe	No_HF (B/L)		D_HF10		HF10		D_HF20		HF20	
	w#5	w#10	w#5	w#10	w#10	w#10	w#21	w#21	w#24	w#24
Step	IMD CMP	WCMP	IMD CMP	WCMP	IMD CMP	WCMP	IMD CMP	WCMP	IMD CMP	WCMP
Point#1	6802.2	6113.3	6637.8	6139.8	6543.6	6019.8	6729.9	6237	6377.8	6013.1
Point#2	6690.2	6166.2	6663.7	6025	6600.6	6014.4	6787	6122	6615.1	6082.9
Point#3	6785.9	6110.8	6701.9	6108.7	6717.7	6111.7	6849.7	6111.5	6554	6021.3
Point#4	6677.6	6064.7	6379.3	6034.2	6566.6	5940.4	6633.9	6189	6474.9	5894.1
Point#5	6583.5	6165	6333.4	5878.1	6474.5	5830.4	6696.7	6143	6462.6	5839.8
Point#6	6825.9	6196.9	6922.3	6392.1	6796.2	6186.2	6962.3	6178.2	6811.6	6174.1
Point#7	7112	6408.6	7116.5	6516.6	6993	6395.5	7233.5	6327.3	6980.9	5927
Point#8	6928.1	6149.2	6939	6238.4	6742.1	6107.8	7002	6284.2	6782.6	6150.2
Point#9	6773.6	6074.4	6921.6	6304	6726.6	6125.1	7101.6	6491.4	6769.7	6106.9
avg	6784	6161	6770	6173	6685	6081	6889	6230	6670	6025
Oxide loss	0.23		0.05		0.04		0.51		0.45	

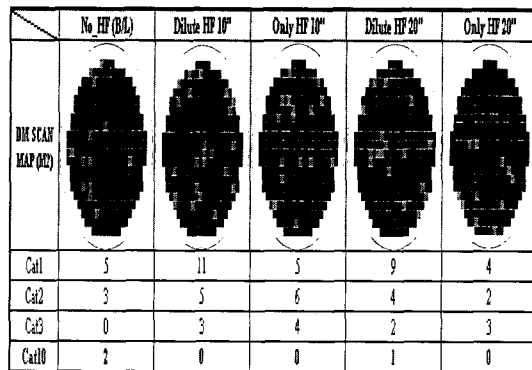


그림 2. 조건별 CMP 결함을 관찰한 결과.

Fig. 2. CMP defect of each HF split condition.

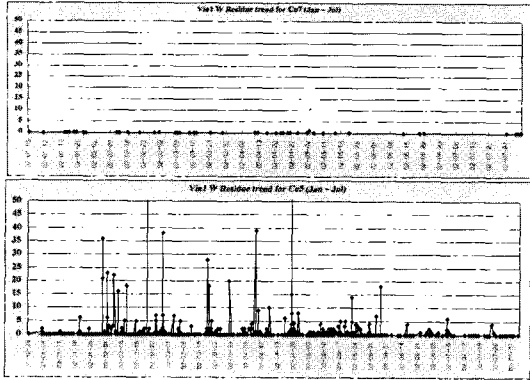


그림 3. DHF 적용에 따른 CMP 공정의 결함.
Fig. 3. Defects of CMP process by DHF application.

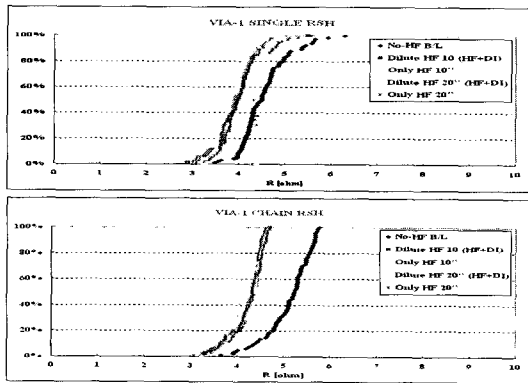


그림 4. Vial single/ chain 저항의 누적 그래프.
Fig. 4. The cumulative graph of vial single/ chain resistance.

잔류 입자의 차이를 비교한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 DHF를 적용했을 때 잔류 입자는 완전히 제거되었다.

그림 4와 같이 parametric 전체 테스트 결과를 종합하면 각각의 스플릿중 가장 좋은 vial single / chain 저항을 갖는 조건은 DHF 20"의 조건이며, 가장 좋지 않은 조건은 HF를 사용하지 않았을 때이었다. 저항에 대한 표준 편차값의 분포 또한 동일한 경향을 보여 주고 있음을 알 수 있다. 여기서 HF를 사용하는 스플릿 그룹들은 모두 비슷한 자료 분포를 가지고 있으며, HF를 사용하지 않는 공정과는 확연히 구별되어진다. 이는 미량인긴 하나 HF의 사용으로 인한 추가적인 산화막 손실이

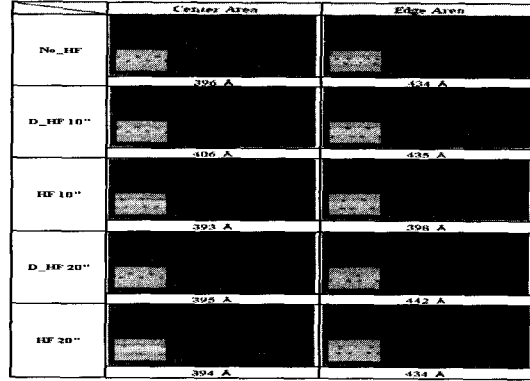


그림 5. 각 스플릿별 W 플러그 리세스 결과.
Fig. 5. W plug recess of each HF split condition.

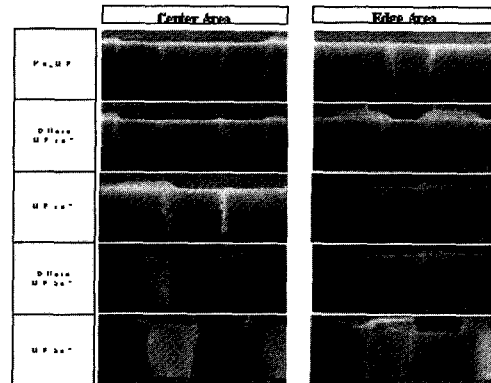


그림 6. 확산 방지막 SEM 구조.
Fig. 6. Barrier metal SEM structure.

NH₄OH에 의해 제거되지 않고 웨이퍼 표면에 잔존하던 작은 입자들과 슬러리 잔류 입자들을 제거시키고, TEOS막 표면으로 침투되어 있던 금속 오염 역시 제거해주기 때문이다. 금속 오염 영향에 대해서는 TXRF 분석을 이용해 parametric 테스트 결과를 검증하였다.

그림 5에서 알 수 있는 바와 같이 HF 스플릿 조건간 플러그 리세스의 유의차는 없으며, 각각의 웨이퍼내에서 center와 edge 영역간 리세스 유의차는 스플릿 조건에 관계없이 약 40A 정도로 나타났다. 이는 HF 사용 유무에 의한 것이 아니라 FSI 776 W 연마장비의 공전운동(orbital motion)으로 인하여 나타나는 현상으로 판단되며 무시 할 만

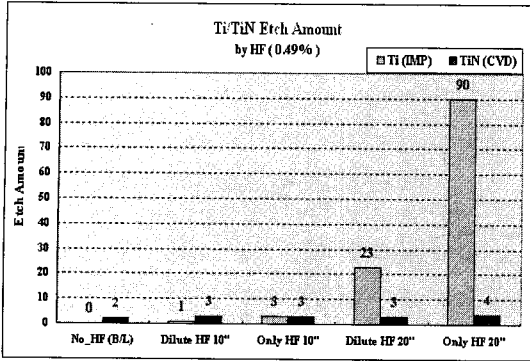


그림 7. HF 사용에 따른 금속 오염.
 Fig. 7. Metal contamination of each HF split condition.

한 수준이다. 특히 center 영역에서는 웨이퍼간의 리세스 차이는 최대 14Å으로 HF 사용에 의한 플러그 리세스는 없는 것으로 판단된다.

그림 6에서 보는 바와 같이 HF를 사용하지 않는 조건과 DHF 10" 및 HF 10" 조건에서는 확산 방지막 손상이 없음을 확인할 수 있다. DHF 20", HF 20" 조건의 경우 SEM 장비의 분해능 감소로 인해 정확히 확인 하기는 어려운 상태이다. 그러나 parametric 테스트 결과를 토대로 유추해보면 DHF 20", HF 20" 조건 역시 확산 방지막 손상이 없을 것이라는 것을 쉽게 알 수 있다.

그림 7에 보인 것처럼 TXRF 분석 결과는 HF 사용이 늘어갈수록 금속 오염이 감소되는 경향을 보여 주고 있다. 이는 HF에 의한 TEOS(BPSG, PSG) 막 내부에 침투되어 있던 금속 오염이 세정 시 HF의 산화막 추가 손실(약 50Å)로 인해 제거되었기 때문이다. 이는 parametric 테스트에서 HF를 사용하지 않는 조건이 가장 높은 저항 값을 보여 주었던 것과 동일한 결과를 보여 주고 있다.

4. 결론

W CMP 공정 후 발견되는 잔류물을 완전 제거하고자 세정시 DHF를 적용한 본 실험에서, In-line 결함 자료를 통해 HF 사용으로 인한 슬러리 잔류 입자의 감소 경향을 확인하였으며, parametric 테스트와 SEM 구조 분석을 통해 HF를 사용해도 확산 방지막 손상으로 인한 소자의 전기적 손상은 나타나지 않음을 확인하였다. 또한 적절한 양의 HF 사용은 산화막의 추가 식각을 통

해서 NH₄OH에 의해 제거되지 않고 웨이퍼 표면에 잔존하던 작은 입자들과 산화막 내부의 금속 오염을 제거해 줌으로써 소자의 parametric 특성과 금속 오염 측면에서 오히려 우수한 결과가 나타남을 확인하였다. 결론적으로 Al 및 Ti 등의 금속들이 HF에 약한 특성을 고려해볼 때 본 실험의 스플릿 조건 중 DHF 10" 조건이 금속에 손상을 주지 않으면서 슬러리 잔류 입자를 100% 제거할 수 있는 가장 우수한 조건이라 판단된다. 그러므로 향후 post W CMP 세정 공정에 DHF 10"를 적용시킨다면 소자 수율 향상에 크게 개선이 될 것이라 생각되며 이들 분야에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00375-0) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] S.-Y. Kim, N.-H. Kim, Y.-J. Seo, C.-I. Kim, W.-S. Lee, and E.-G. Chang, "A study on relationship between pattern wafer and blanket wafer for STI CMP", J. of KIEEME, PA-2, p. 211, 1999.
- [2] T.-H. Kim, W.-S. Lee, Y.-J. Seo, C.-I. Kim, and E.-G. Chang, "A study for global planarization of multilevel metal by CMP", J. of KIEEME, Vol. 11, No. 12, p. 1084, 1998.
- [3] B.-T. Lin and S.-N. Lee, "An effective end point detector on oxide CMP by motor current", IEEE Trans., Electron Device, p. 295, 1999.
- [4] S.-Y. Kim, C.-I. Kim, E.-G. Chang, and Y.-J. Seo, "A study on EPD of STI CMP process with reverse moat pattern" J. of KIEEME, OA-4, p. 14, 2000.
- [5] 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, p. 59, 1999.