

고집적화 반도체 소자의 CMP 공정에서 Micro-Defect 관한 연구

김상용, 이경태, 서용진*, 이우선#, 정현상#, 김창일, 장의구

중앙대학교 전기공학과, 대불대학교 전기전자공학부*, 여주대학 전기과** 조선대학교 전기공학과#

A Study of Micro-defect on chemical Mechanical Polishing(CMP) Process in VLSI Circuit.

Sang-Yong Kim, Kyeng-Tae Lee, Yong-Jin Seo*, T Woo-Sun Lee#, Hun-Sang Chung#, Chang-Il Kim, Eui-Goo Chang

Dept. of Electrical Engineering, Chung-Ang University

School of Electrical and Electronic Engineering, Daebul University*

School of Electrical and Electronic Engineering, Cho-Sun University#.

Abstract

We can classify the scratches after CMP process into micro-scratch and macro-scratches according to the scratch size, scratch intensity and defect map, etc. The micro-scratches on wafer after CMP process are discussed in this paper. From many causes, major factor that influences the formation of micro-scratch is known as particle size distribution of slurry.(1) It is indefinite what size or type of particle can cause micro-scratch on wafer surface, but there is possibility caused by large particle over 1um. The best way for controlling these large particle to inflow is to use the slurry filter on POU(Point of user). But the slurry filter(especially, depth-type filter) has sometimes the problem which makes more sever micro-scratches on wafer surface after CMP. We studied that depth-type slurry filter has what kind of weak-points and the number of scratch could be reduced by lowering slurry flow rate and by using high spray bar which sprays DIW on polishing pad with high pressure .

서 론

반도체 IC 소자가 점점 집적화됨에 따라 소자 간의 단차를 극복하고자 광역 평탄화가 요구되어 지고 있을 뿐만 아니라 Defect가 없는 공정이 요

구 되어지고 있다. IMD(Inter Metal Dielectrics)에서 금속간의 피치 사이즈가 더 작아짐에 따라 미세한 Scratch가 소자의 수율에 미치는 영향이 매우 크며 이 Defect을 줄이기 위하여 반도체 제조 공정에서 많은 연구가 활발히 연구되어 지고 있다. 산화막 CMP 공정중에 발생한 미세한 Scratch 주변에 금속 잔존물이 남게 되며 이는 금속 Bridge 및 Stringer의 원인이 되고 있다(2). 과도한 scratch는 직접적으로 하지층의 금속막에 영향을 주기도하고, 산화막의 깨짐을 유발 시킨다. 이 산화막의 깨짐은 후속 세정 및 에칭 공정에서 화학물질이 침투하여 금속막의 부식을 유발 시킨다. 결국 이 Micro-Scratch가 IC 소자 회로에 수율을 감소 시킬 뿐만 아니라 불량 소자가 되게 하는 원인이 된다(3). 칩 제조 공정에서 발생하는 Micro-Scratch는 응고된 연마제 의해 발생되며 이 응고된 연마제는 연마제를 통하는 파이프 관에 고체화된 상태로 형성되기도 하고, 연마제를 제조시나 운반시 건조화 되거나 저장 탱크 속에서 온도 변화, PH Shock, 습도 변화등에 영향을 받는다. 이 연마제 응고에 따른 문제점을 해결하고자 연마제 여과 필터 장치를 통하여 실험 하였다. 이 연마제 여과 필터의 문제점은 연마제가 고체의 농도가 높기 때문에 membrane 필터를 사용하지 못하고 depth 필터를 사용하며, POU단에 사용되는 연마

제 필터는 압력 강하가 크기 때문에 필터 후단에 펌프를 설치해야 한다. 연마제 필터는 응고된 연마제 잔존물을 제거 할 수 있지만 필터의 수명이 매우 짧다. 그리고 Depth 필터는 retention efficiency가 있기 때문에 큰 사이즈의 연마제 Particle이 통과 될 수 있다. 이를 보완하고자 본 실험은 연마 장비 전단과 연마제 공급 장치 후단에 각각 설치하여 실험 하였다.

2. 실험

본 실험에서 사용되는 CMP 장비로는 IPEC사의 472 System을 사용하였다. 연마 패드는 RODEL사의 IC1000/SubaIV을 사용했으며 연마제로는 CABOT사의 KOH 계열의 산화제 연마제를 사용하였다. 테스트 웨이퍼의 제조는 금속막위에 TEOS 1KA/SOG 5KA/TEOS 18KA 구조의 산화막을 증착하여 실험하였다. 즉 금속막 위에서 24KA이 되었다. 연마제 입도분석은 Accusizer 780 시스템을 이용하였다. Micro-Scratch을 분석하기 위해 ATI(Advanced Inspection Tool)과 KLA 2135을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

CMP 공정에서 Micro-Scratch, 산화막의 깨짐 등은 해결되지 않은 결점중에 하나이다. 그림1은 반도체 제조 소자의 패턴 웨이퍼 위에서 발생하는 Micro-Scratch의 분포도를 ATI 장비로 분석한 그림이다. 이 Defect을 전자 현미경으로 자세히 관찰한 사진이 그림 2에 보였다. 그림2와 같이 이 Scratch가 발생한 후 후속 공정의 화학 공정시 이 scratch가 확장되면서 하지층의 금속막을 부식시키거나 단선되는 악 영향을 미치게 된다. 또한 이곳에 후속 금속 공정시 금속 잔존물이 계속 남게되어 금속 bridge 문제가 유발된다. 그림3은 이러한 문제점을 해결하고자 연마제 여과 필터를 연마장치 전단의 연마제 파이프 관에 설치하고 연마제 공급장치 후단에 큰 사이즈의 연마제 여과 필터를

설치한 설치도를 나타낸 것이다. 그림 4는 연마제 여과 필터의 단면도를 나타낸 것으로 Depth -type을 사용하였다 즉 필터 도입 부분에는 사이즈가 큰 연마 particle이 제거되게 하였고 이필터를 통과할수록 작은 사이즈가 제거되어 최끝단에는 0.5um Particle만 통과되게 설계 되었다. 그림5는 여과필터의 종류에 따라 연마 particle 제거 능력을 도표로 나타냈다. CMP A형의 경우 약 1um particle이 100% 제거되는 능력을 보여준것이고 CMP E형의 경우 약 1um particle은 40%미만, 2.5 um은 80%, 8um particle 100% 제거됨을 보여 준 것이다.

본 실험에서는 연마제 공급 장치 후단에 CMP C형을, 연마 장치 전단에 CMP B형을 설치하여 실험한 것이다. 그림6은 연마제 여과 필터를 장착한 것과 장착하지 않은 경우에 대해 연마제 Particle 사이즈를 도표로 보였다. 연마제 필터를 사용할 경우 현저히 작아지는 입자 사이즈 분포를 보인다. 이는 연마제 응고 덩어리에 의해 생성되는 Micro -Scrach을 방지 할수 있을것으로 판단된다. 그림 7은 연마제 여과 장치를 설치후 사용 시간에 따라 연마제 사이즈 분포도를 도표로 분석한 것이다. 시간이 경과 할수록 particle 사이즈가 현저히 증가함을 보인다. 이를 통해 21일이 초과 할 경우 웨이퍼 위에서 Micro-Scratch가 발생된다는 것을 의미한다. 또한 Micro-Scratch는 연마 패드 위에서 일부 응고가 되어 연마시 이 응고 덩어리가 CMP 공정시 발생되게 된다. 이를 해결하고자 pad 위의 잔존하는 응고 덩어리를 제거하고자 고압 diw을 분사시켜 제거하였으며, 공정 중간에 연마제가 초기 패드상에 균일하게 분포되도록 고압으로 연마제를 분사하는데 이때 강압에 의하여 연마 필터에서 존재한 큰 사이즈 연마 응고 덩어리가 분사될 가능성이 매우 많다. 그를 조건 별로 실험한 결과를 도표로 나타낸 것이 그림 8.과 9이다. 이 결과는 강압 초순수 분사와 연마제 pre-wet이 저압(200mil)일때가 Defect density가 월등이 낮음을 알 수있다.

4. 결 론

CMP 공정에서 Micro-Scratch을 소자 표면에서 제거하기 위하여 연마 필터 여과 장치를 연마 장비 전단과 연마제 공급 장치 후단에 설치 함에 따라 매우 큰 효과를 얻었다. 그러나 Depth 필터를 사용하여 완전히 defect을 제거하는 것은 불가능하다. 이 depth 필터의 단점을 보완하기 위하여 연마제 pre-wet 분사압을(흐름정도) 정량화 했다. 이를 통한 현저히 defect을 줄일 수가 있었다. 또한 pad 위의 응고된 연마제 덩어리를 제거하고자 강압 초순수를 분사하여 매우 좋은 효과를 얻었다. 이를 통한 반도체에 제조 공정중 CMP공정에서 매우 난제로 있는 Defect(Scratch)을 해결 가능해져 소자 신뢰성 및 수율 향상에 매우 큰 효과를 기대한다.

REFERENCE

- (1) 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. 1999 CMP-MIC (p77~79)
- (2) Zhenwu Lin, Joshep Zanka, Geanne Valsilopoulos
POU filtration of silica-based CMP slurries using Planagard filters, Millipore Application Note Technical Document #MA071
- (3) Geanne Valsilopoulos, Z.Lin, Central Distribution system Filtration of CMP slurries using Planagard TM filters, Millipore Application Note Technical Document MAL103

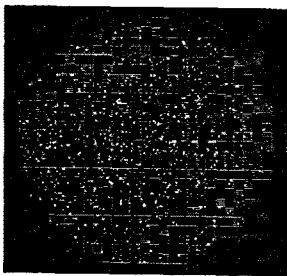
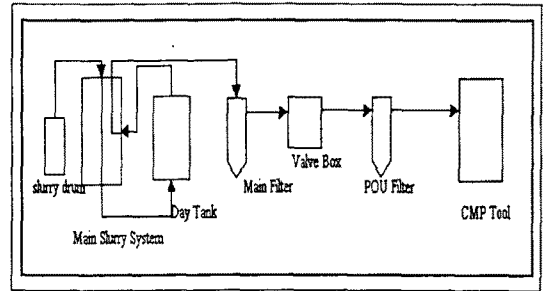


그림1. Defect map image of micro-scratch by ATI



그림2



Micro-Scratch image by microscope

그림3 POU filter installation diagram

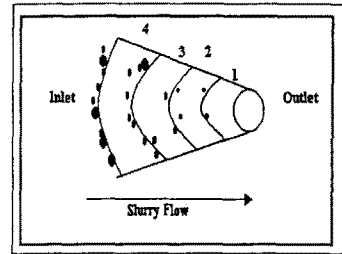


그림 4 Depth -type slurry filter cross section

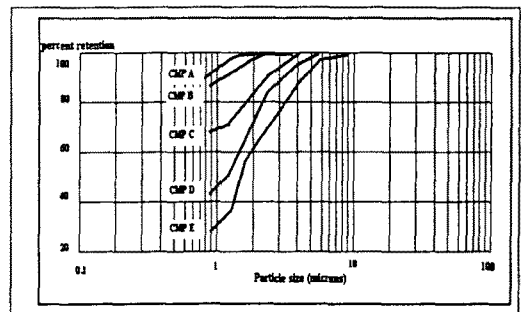
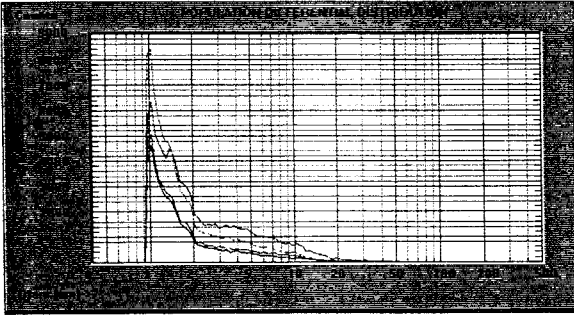


그림5. Retention efficiency according to slurry filter series.

그림6 particle size distribution of slurry using slurry filter



and non-using filter

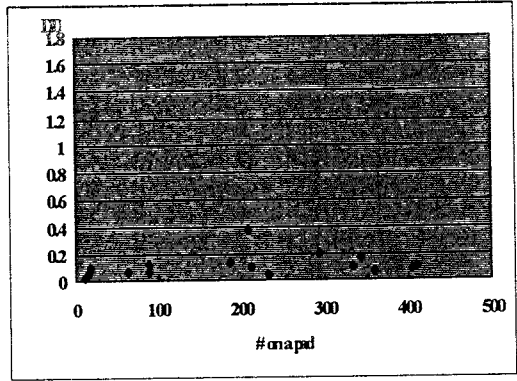
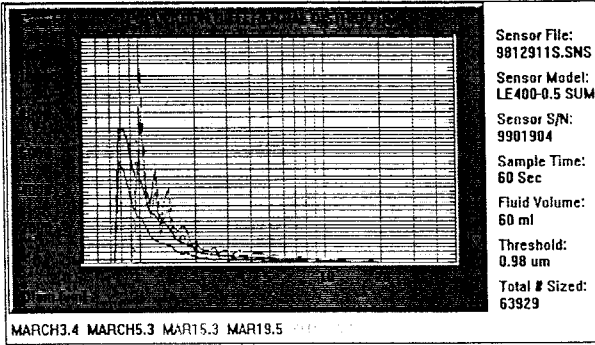


그림 9. DD Trend chart with 200ml/min & high spary bar



Sensor File: 9812911S.SNS
 Sensor Model: LE400-0.5 SUM
 Sensor S/N: 9901904
 Sample Time: 60 Sec
 Fluid Volume: 60 ml
 Threshold: 0.98 um
 Total # Sized: 63929

MARCH3.4 MARCH5.3 MAR15.3 MAR19.5

그림7. particle size distribution according to aging time.

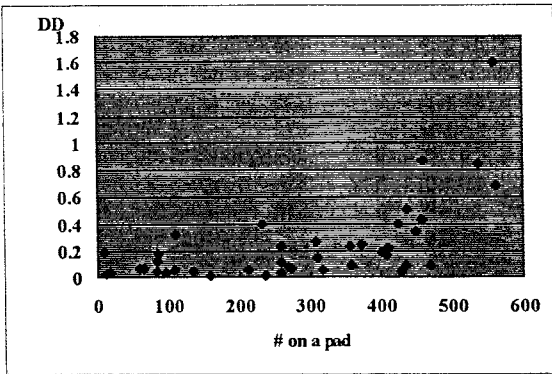


그림8 DD trend chart with 700ml/min & nonhigh spray bar