

STI-CMP 공정에서 Consumable의 영향

Effects of Consumable on STI-CMP Process

김상용*, 박성우**, 정소영**, 이우선***, 김창일****, 장의구****, 서용진**

(Sang-Yong Kim*, Sung-Woo Park**, So-Young Jeong**, Woo-Sun Lee***, Chang-Il Kim****, Eui-Goo Chang****, Yong-Jin Seo**)

Abstract

Chemical mechanical polishing(CMP) process is widely used for global planarization of inter-metal dielectric (IMD) layer and inter-layer dielectric (ILD) for deep sub-micron technology. However, as the IMD and ILD layer gets thinner, defects such as micro-scratch lead to severe circuit failure, which affect yield. In this paper, for the improvement of CMP process, deionized water (DIW) pressure, purified N₂ (PN₂) gas, slurry filter and high spray bar were installed.

Our experimental results show that DIW pressure and PN₂ gas factors were not related with removal rate, but edge hot-spot of patterned wafer had a serious relation. Also, the filter installation in CMP polisher could reduce defects after CMP process, it is shown that slurry filter plays an important role in determining consumable pad lifetime. The filter lifetime is dominated by the defects. However, the slurry filter is impossible to prevent defect-causing particles perfectly. Thus, we suggest that it is necessary to install the high spray bar of de-ionized water (DIW) with high pressure, to overcome the weak-point of slurry filter. Finally, we could expect the improvements of throughput, yield and stability in the ULSI fabrication process.

Key Words : CMP(Chemical mechanical polishing), HSB(high spray bar), PN₂(Purified N₂), hot spot
POU filter, DIW(deionized water)

1. 서론

최근 반도체 소자의 고속화 및 고집적화에 따라 더욱 높아져 가는 소자간의 단차(step height)와 미세 패턴 형성을 위한 노광 장치의 초점심도(depth of focus:DOF)를 극복하고자 CMP (chemical mechanical polishing)에 의한 광역 평탄화(global planarization)가 필요하게 되었다[1,2]. CMP 공정은 DARM 분야 뿐만 아니라 LOGIC 분야에서 소자간의 연결금속막

(Inter-Metal Dielectric:IMD)과 연결절연막(Inter-Layer Dielectric:ILD)[3], PMD(pre-metal dielectric)층[4]을 평탄화하는데 사용하고 있을 뿐만 아니라 소자의 셀 어레이(cell array) 지역과 주변 회로 지역의 단차(step height)를 줄이고, 칩(chip) 영역 전반에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 금속간의 피치(pitch)사이즈가 점점 더 작아짐에 따라 회로의 성능을 저하시키고 소자 수율(yield)에 막대한 영향을 미치는 질화막 잔류물(nitride residue), 산화막의 찢겨짐(torn oxide defect), post-CMP 세정 공정 후 생성된 여러 가지 오염원[5-7] 등과 같은 문제점들을 줄이기 위하여 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 슬러리 공급 라인(line) 내에서 1 μm 이상의 슬러리들이 응고되거나 덩어리져 공급되어 슬러리 파티클

* : 아남반도체, Fab 사업부 MIT팀

** : 대불대학교 전기공학과
(전남 영암군 삼호면 산호리 72,
syj@mail.daebul.ac.kr)

*** : 조선대학교 전기공학과

**** : 중앙대학교 전자전기공학부

(particle)들을 형성하여 웨이퍼 표면과 만나면 미세한 마이크로 스크래치에 의한 금속 브릿지(bridge)현상이나 하부 금속층과의 침묵(stringer)현상이 발생하여 소자에 심각한 영향을 주고있다[8,9].

따라서 본 논문에서는 CMP 연마 시스템에 공급되는 여러 설비 요소들과 결함과의 의존성을 분석하기 위해 먼저 탈이온수(D. I. Water)의 압력 및 정제된 질소(Purified N₂ : PN₂) 가스를 첨가하여 식각율과 패턴된 웨이퍼에서 평탄도를 알아본 후, 연마장치의 슬러리 공급 라인에 필터를 설치하여 필터 크기에 따른 결함 밀도(defect density)등의 분석을 통해 슬러리 필터의 장점을 제시하였다. 마지막으로 pre-wet법과 HSB(high spray bar)를 설치하여 연마효율을 개선시킬 수 있는 대체 방안에 대해 검토하였다.

2. 실험

그림 1(a)는 본 실험에서 사용된 IPEC 사의 Avanti 472 CMP 연마기를 개략적으로 보인 것으로 캐리어 헤드의 클리닝 효과는 연마기의 헤드 클리닝 스테이션(head cleaning station)에서 DIW 압력과 PN₂ 가스를 파라미터로 하여 평가하였다. 연마 패드는 RODEL사의 IC1000/Suba-IV을 사용하였으며 슬러리는 CABOT사의 KOH 계열인 폼드 실리카 연마제를 사용하였다. 그리고 CMP 장비의 바로 앞쪽에 있는 슬러리 공급부에 POU 필터를 설치하였다. 연마 후 스크래치의 수는 KLA 2135와 Tencor 사의 AIT(advanced inspection tool)을 사용하였고 슬러리 필터의 사용 유무에 따른 슬러리의 입자 크기 분포는 PSS(particle sizing system)인 AccuSizer 780을 사용하여 비교하였다.

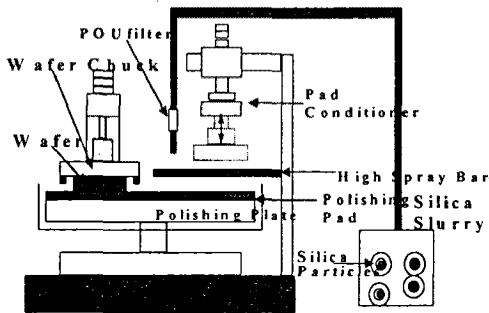


그림 1. IPEC Avanti 472 CMP 연마 장비의 개략도
Fig. 1. Schematic diagram of IPEC Avanti 472 CMP polisher

그림 2는 본 논문에서 제안하는 HSB(high spray

bar)를 보인 것으로 연마 동안 패드 위에 적층되는 슬러리 입자들을 제거시켜 주기 위해 DIW-HSB를 설치하였다. 또한, 이와 병행하여 pre-wet법을 적용하였는데, 여기서 pre-wet는 150 ml/min.의 슬러리 유속을 갖는 주(main) 연마 공정이 시작되기 전에 연마 패드를 습(wet)하게 만들어 주기 위해 700 ml/min.의 유속으로 슬러리를 투입시키는 연마 전(前) 단계의 과정을 말한다.

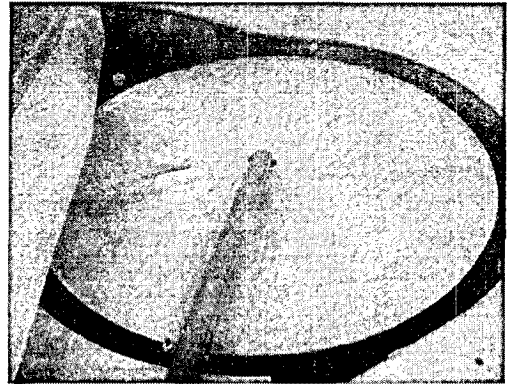


그림 2. 고분사기의 사진
Fig. 2. Photograph of high spray bar(HSB)

3. 결과 및 고찰

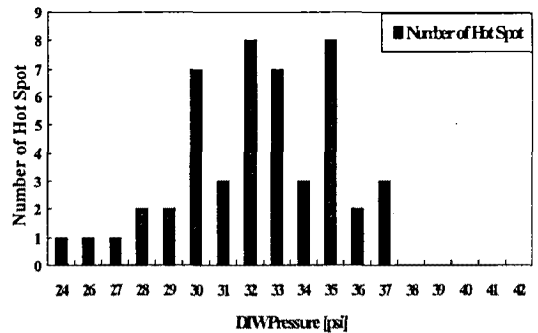


그림 3. DIW 압력 변화에 따른 hot spot 발생 횟수
Fig. 3. Number of hot spot as a function of DIW pressure.

그림 3은 DIW 압력의 변화에 따른 hot spot 발생 횟수를 나타낸 것이다. 비교적 낮은 DIW 압력에서는 작은 발생 빈도수를 보이다가 30 ~ 35 psi의 DIW 압력에서 가장 많은 빈도를 나타내었고, 표준에 가까운 40 psi의 DIW 압력 이상에서는 hot spot가 전혀 발생하지 않았다.

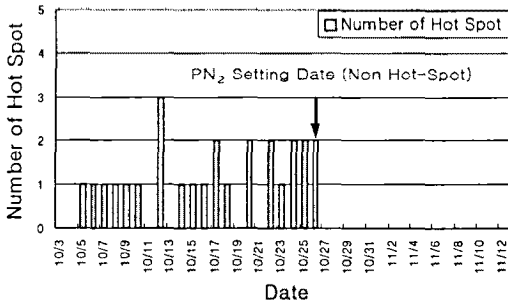
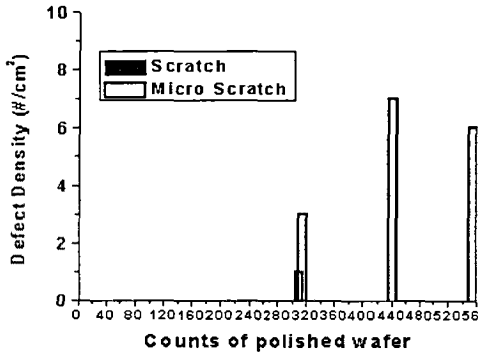
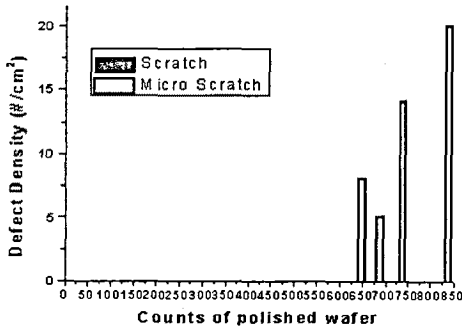


그림 4. PN₂ 가스를 첨가한 후, hot spot의 발생 빈도
 Fig. 4. As an adding to PN₂ gas, number of hot-spot occurrence.



(a) Non - filter



(b) 0.5µm filter

그림 5. 연마된 웨이퍼 수에 따른 결함밀도. (a) 필터를 사용하지 않은 경우, (b) 0.5 µm 필터.
 Fig. 5. Defect density as a function of polished wafer counts. (a) Non-filter, (b) 0.5 µm filter.

그림 4는 DIW 압력 설비의 결함으로 인한 클리닝 효과를 증가시키기 위해 연마기의 헤드 클리닝 스테이션 내에 PN₂ 가스를 첨가한 후, hot spot의 발생 빈도를 보인 것이다. PN₂ 가스를 첨가한 이후부터 hot spot는 거의 발생하지 않았다. 이는 PN₂ 가스의

첨가로 인해 웨이퍼 내의 불순물의 식각이 더 용이해질 뿐만 아니라 웨이퍼 클리닝에 대한 DIW 압력의 한계를 극복할 수 있음을 보이는 것이다.

그림 5는 연마가 진행된 웨이퍼 개수에 따른 결함 밀도를 결함의 발생원인인 마이크로 스크래치와 스크래치 형성으로 나누어 비교한 것이다. 그림 5(a)는 필터 여과장치가 없는 경우이고, (b)는 0.5 µm의 필터를 사용한 경우이다. 여과 필터가 없는 경우에는 연마 패드 위의 웨이퍼 사용수가 대략 304 번째 웨이퍼에서부터 1 ~ 3개의 마이크로 스크래치에 의한 결함밀도를 보이기 시작하여 연마가 더 진행될수록 6 ~ 7개 정도의 결함밀도를 보였다. 0.5 µm의 여과 필터가 장착되었을 때는 각각 650 번째 웨이퍼에서부터 740 번째의 웨이퍼까지 비교적 많은 7개에서 15개 정도의 결함밀도가 현저하게 나타남을 볼 수 있다. 그러나 840 번째의 웨이퍼에서부터는 거의 20개 정도의 큰 결함밀도를 보이는 것으로 이는 슬러리 필터의 수명에 따른 여과 능력의 감소도 있겠지만 주된 원인은 많은 수의 웨이퍼 연마를 진행한 결과 소모품인 연마 패드가 수명을 다했음을 의미하는 것이다.

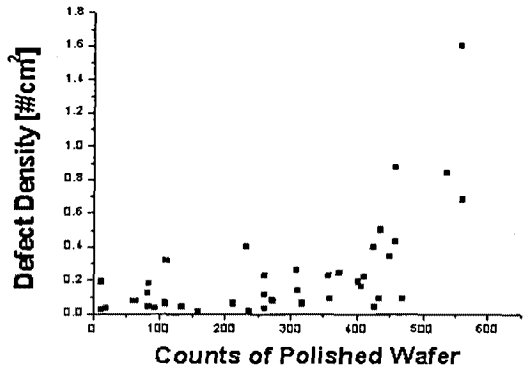


그림 6. Pre-wet 유속이 분당 700 ml 이고, 탈이온수 고분사법을 사용하지 않은 경우 결함 밀도 경향.

Fig. 6. Defect density trend with pre-wet flow rate of 700ml/min. and without high spray method of de-ionized water.

그림 6은 pre-wet 유속이 700 ml/min.이고 슬러리 필터를 사용하였을 때 결함밀도를 나타낸 것이다. 연마되는 웨이퍼의 장수가 많아질수록 패드 위에 적층된(stacked) 큰 입자들의 수가 증가하여 결과적으로 결함밀도도 증가하였다. 이렇게 패드 위에 적층되는 큰 입자들을 감소시켜 주기 위해 DIW-HSB를 설치하였다.

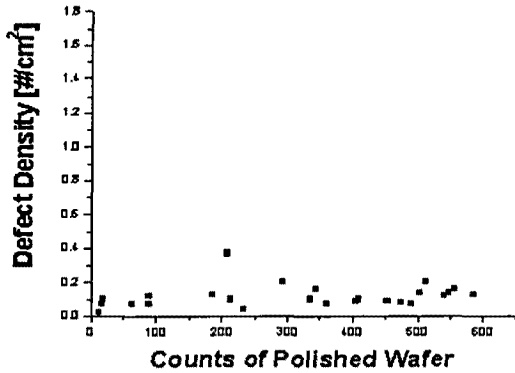


그림 7. Pre-wet 유속이 분당 200ml 이고, 탈이온수 고분사법을 사용한 경우 결함밀도 경향.

Fig. 7. Defect density trend with pre-wet flow rate of 200ml/min. and high spray method of de-ionized water.

그림 7은 DIW-HSB를 설치한 경우, pre-wet 유속이 200 ml/min.일 때의 결함밀도를 나타낸 것이다. DIW-HSB를 설치하지 않았던 그림 6과 비교해 볼 때 HSB를 설치함으로써 결함밀도를 상당히 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 또한 HSB를 설치하지 않았던 결과인 그림 6에서는 연마된 웨이퍼의 장수가 400 개 이상일 때부터 결함밀도가 점차 증가하기 시작하였으나 HSB를 설치한 경우에는 600 장까지 웨이퍼를 연마한 후에도 여전히 결함밀도는 상당히 낮게 분포하고 있음을 알 수 있다. 결론적으로 적당한 슬러리 유속을 갖는 pre-wet법과 DIW-HSB 방법을 통해 앞서 논의되었던 슬러리 필터의 여과 능력의 한계를 해결함으로써 궁극적으로는 패드의 수명을 개선시킬 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

CMP 공정에서 마이크로 스크래치로 인한 결함을 제거하기 위하여 DIW 압력, PN₂ 가스의 첨가 효과를 분석해 본 결과, 웨이퍼 가장자리 영역의 hot spot 현상을 DIW 압력으로 완벽히 제거할 수는 없었으나 PN₂ 가스를 첨가시킴으로써 양호한 평탄도를 얻을 수 있었다. 또한 슬러리의 응고에 의한 스크래치를 웨이퍼 표면에서 제거하기 위하여 슬러리 필터 장치를 연마 장비 전단과 슬러리 공급 장치 후단에 각각 설치해 본 결과, 여과 필터의 크기가 0.5 μm의 경우가 가장 우수한 효과를 나타내었다. 따라서 비교적 큰 슬러리 입자들이 CMP 연마기로 유입하지 못하게 하기 위해 더 조밀한 필터를 사용할 수도 있겠

으나 결함이 전혀 없도록 완벽하게 여과시키는 것은 불가능하였다. 따라서 웨이퍼 연마가 계속 진행될수록 패드 위에 계속 쌓이는 슬러리 입자들을 줄여 패드 수명을 개선하기 위한 방법으로 적당한 슬러리 유속을 갖는 pre-wet 법과 높은 압력의 DIW-HSB 방법이 더 효과적이었음을 확인할 수 있었다. 이는 결국 필터의 효율을 향상시키면서 동시에 결함들을 현저히 줄이고 공정 균일도를 향상시킴과 동시에 소자 수율(yield)도 증가시킬 수 있으며, 연마 소모품(consumable)인 패드의 사용 수명을 연장시킴으로써 제조 단가를 낮출 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 2001년 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업(과제번호:2001-185-3)으로 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] 김상용, 서용진, 김태형, 이우선, 김창일, 장의구, 전기전자재료학회 논문지, Vol. 11, No. 12, pp. 1084-1090, 1998.
- [2] Sivaram, H. Bath, R. Legegett, A. Maury, K. Monning, and R. Tolles, Solid State Tech. p. 87-91, May 1992.
- [3] B. Stine, D. Ouma, R. Divecha, D. Boning, J. Chung, D. Hetherington, C. R. Harwood, O. S. Nakagawa, and S.-Y. Oh, Proc. CMP-MIC Conf., Santa Clara, CA Feb. 1997.
- [4] 서용진, 장의구, 전기전자 재료학회 논문지, Vol. 12 No. 2, pp. 111-117, 1999.
- [5] Yong-Jin Seo, Sung-Woo Park, So-Young Jeong, Woon-Shik Choi, and Sang-Yong Kim, Proceeding of CMP-MIC, pp. 287-290, 2001.
- [6] 서용진, 정현상, 김상용, 이우선, 이강현, 장의구, 한국전기전자재료학회 논문지, 제14권, 제1호, pp. 1-5, 2001.
- [7] 서용진, 김상용, 이우선, 장의구, 전기전자재료학회 논문지, Vol. 13권, No. 2, pp. 131-136, 2000.
- [8] 김철복, 김상용, 서용진, 한국전기전자재료학회 논문지, 제14권, 제7호, pp. 557-561, 2001.
- [9] 박성우, 김상용, 서용진, 한국전기전자재료학회 논문지, Vol. 14, No. 9, pp. 707-713, 2001.