

## STI-CMP 공정에 미치는 연마 패드 특성에 관한 연구

### A Study on the Characteristics of Polishing Pad in STI-CMP Process

박성우\*, 서용진\*, 김상용\*\*, 이우선\*\*\*, 장의구\*\*\*\*

(Sung-Woo Park\*, Yong-Jin Seo\*, Sang-Yong Kim\*\*, Woo-Sun Lee\*\*\*, Eui-Goo Chang\*\*\*\*)

#### Abstract

We studied the characteristics of polishing pad, which can apply STI-CMP process for global planarization of multilevel interconnection structure. Also, we investigated the effects of different sets of polishing pad, such as soft and hard pad. As an experimental result, hard pad showed center-fast type, and soft pad showed edge-fast type. Totally, the defect level has shown little difference, however, the counts of scratch was defected less than 2 on JR111 pad. Through the above results, we can select optimum polishing pad, so we can expect the improvements of throughput and device yield.

**Key Words** : STI(Shallow Trench Isolation), R/R(Removal Rate), Selectivity, Non-Uniformity, Center Fast Edge Fast

#### 1. 서론

CMP(chemical mechanical polishing) 공정은 deep 서브마이크론 집적회로의 다층배선구조를 실현하기 위해 IMD(inter-metal dielectric)층, PMD(pre-metal dielectric)층, ILD(inter-layer dielectric)층을 평탄화하는데 효과적으로 사용되고 있을 뿐만 아니라, 다양한 소자 제작 및 물질등에도 광범위하게 응용되고 있다[1,2]. 특히 STI(shallow trench isolation)공정[3,4]을 수행하는데 CMP 공정이 필수적으로 사용되고 있으나, deep submicron 집적회로 제조 공정에 적용하기까지 다소 복잡해지고 해결해야 할 문제점들이 남아 있다. 그 중에서 CMP용 연마제의 4요소(연마패드, 슬러리, 탄성 지지대, 패드 conditioner)중

의 하나인 연마패드는 연마 재현성을 확보하는데 중요한 요소이다. 연마 패드 구조 및 재료 성질은 연마 속도 및 CMP 공정의 평탄화에 중요한 역할을 한다[5]. 소프트(soft) 패드는 연마 균일도가 좋은 반면 평탄도가 좋지 않고, 하드(hard) 패드는 좋은 평탄도를 얻을 수 있지만 연마 균일도가 나쁘기 때문에 서로의 단점을 보완하기 위해 두개를 접친 이중 패드를 사용하고 있다[6].

본 논문에서는 CMP 공정 중 소모성 재료(consumable)인 연마 패드의 적용 실험을 통하여, CMP 공정에 연마패드가 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 연구하였다. 또한 CMP 공정 평탄화에 미치는 소프트 패드와 하드 패드의 영향을 고찰하기 위해 패드 종류에 따른 연마 실험을 하였다. 그리고 각각의 패드로 연마한 산화막의 제거특성과 패턴 웨이퍼의 스크래치(scratch)를 조사하였다. 이상의 결과를 통하여 최적의 연마패드를 선택할 수 있어 공정 throughput 향상 및 소자수율(yield)의 개선을 기대할 수 있다.

\* : 대불대학교 전기공학과  
(전남 영암군 삼호면 산호리  
FAX : 061-469-1265  
E-mail : psw@mail.daebul.ac.kr )

\*\* : 아남 반도체 FAB 사업부

\*\*\* : 조선대학교 전기공학과

\*\*\*\* : 중앙대학교 전자전기공학부

## 2. 실험

본 실험에 사용된 STI 패턴은 초기 웨이퍼에 전기로에서 열산화막을 150Å 증착한 후, 그위에 LPCVD로 질화막을 2000Å 증착하였다. moat 패턴닝(patterning)과 건식 식각으로 트렌치(trench)를 3500Å 깊이로 형성하였다. 이 트렌치 위에 선형 산화막을 전기로로 270Å 형성하였다. 계속해서 APCVD로 산화막 8000Å을 증착하여 트렌치 영역을 산화막으로 채운 후 열처리 과정을 거쳐 STI 구조를 형성하였다. 그림 1은 본 실험에서 사용한 STI 패턴 웨이퍼의 제작과정을 개략적으로 나타낸 것이다.

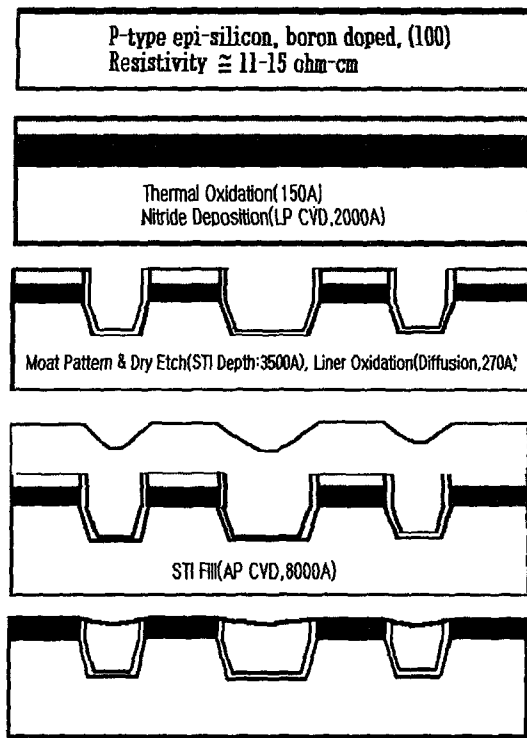


그림 1. STI 패턴 웨이퍼의 제작과정.  
Fig. 1. Fabrication Process of STI Pattern Wafer.

연마된 패턴 웨이퍼의 두께 측정은 넓은 (large) 필드 산화막 지역은 50 $\mu$ m $\times$ 50 $\mu$ m의 크기, 좁은 (dense) 필드 산화막 지역은 10 $\mu$ m $\times$ 12 $\mu$ m 크기의 STI 영역에서 각각 측정하였다. 그리고 연마 패드는 IC1000/SubaIV, IC1000/IC1000, IC1000/JR111와 같이 3개의 서로 다른 set을 사용하여 비교 평가하였다 이 3가지 패드의 견고성 비교는 Suba IV <

IC1000 < JR111 이었다. 산화막 두께를 측정 하기 위하여 Nano Metrics M8000X와 Rudolph 엘립소미터(Ellipsometer) FE VII 시스템을 사용하였고, 미세입자의 갯수를 측정하기 위해 KLA-Tencor 6420 시스템을 사용하였다. 그리고 CMP 연마 장비로는 IPEC 472 Polisher를 사용하였고 CMP 후 세정을 위해 SC-1 Chemical + DHF(2min) + Rinse + Spin Rinse Dry 순서로 세정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

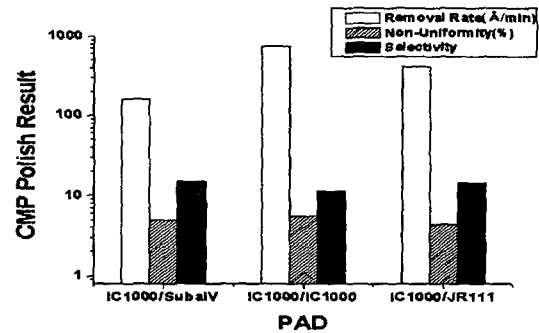
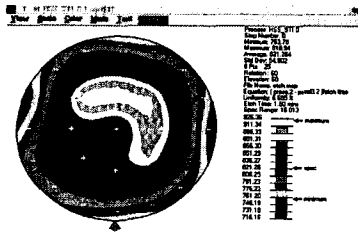
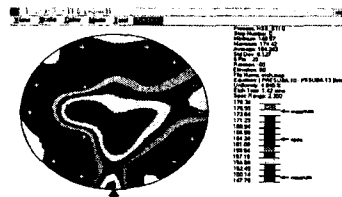


그림 2. 각 패드에 따른 CMP 연마 결과.  
Fig. 2. CMP Polishing result as a function of 3-different Pad.

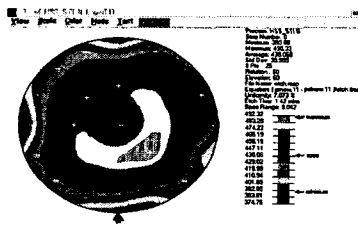
그림2는 3가지 다른 패드 종류에 따른 CMP 연마 후 결과를 제거율, 비균일도, 선택비로 나누어 제시한 것이다. 선택비는 APCVD 산화막의 연마율(R/R)을 질화막의 연마율로 나눈값으로 정의하였다. 또한 연마제거율(R/R)은 CMP 전의 두께에서 CMP 후의 두께를 뺀값을 연마시간으로 나눈 값으로 정의하였다. 그림 2에서 산화막 연마율을 비교하면 SubaIV 패드에서는 아주 낮은 제거율을 나타내었는데 이는 장시간의 연마 시간을 요구 할 것이다. IC1000 패드에서 가장 높은 값을 보였으나, JR111 패드가 더 안정적인 경향을 나타내었다. 비균일도 평가는 7% 이내로 모두 제어되었으며, 반복 실험을 통해 큰 차이가 없음을 알수있었다. 산화막과 질화막의 선택비 측면에서 비교하면 JR111및 Suba IV에서 15:1로 높은 선택비 값을 얻을 수 있었다. 하지만, Suba IV에서는 제거율이 낮으므로, 선택비가 크다고 하더라도 moat 밀도가 높은 지역에서는 많은 연마 시간을 요하게 되므로 높은 제거율이 요구되는 현재의 CMP 공정에서는 다소 부족함을 알 수 있다.



(a) IC1000/Suba IV



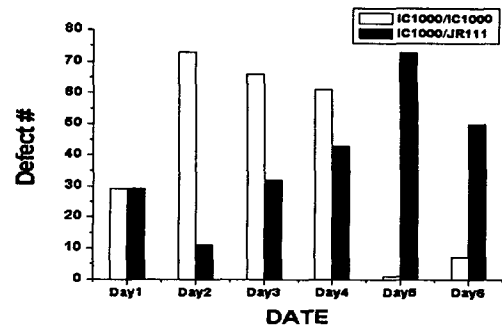
(b) IC1000/IC1000



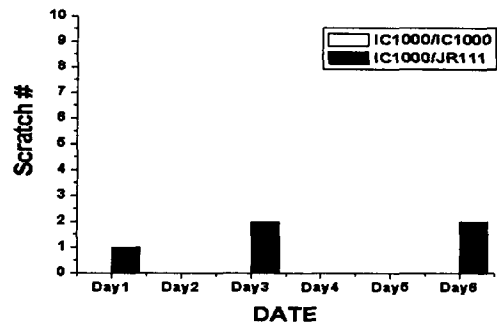
(c) IC1000/JR111

그림 3. 각각의 구조의 패드로 연마한 웨이퍼의 맵.  
Fig. 3. Map of Polished Wafer as a function of 3-different Pad.

그림 3은 패드 종류에 따른 웨이퍼 연마율의 형상을 2차원으로 비교하기 위한 웨이퍼 맵(map)을 보인 것이다. 지도상에서 <+>는 평균값보다 더 큰 값으로 상대적으로 높은 연마율을 의미하며, <->는 평균보다 작은 값으로 상대적으로 낮은 연마율을 나타내며, 같은 연마율을 갖는 예측선을 같은 등고선으로 표시한 것이다. 그림 3에 보인 바와 같이 부드러운 패드(Suba IV)에서 단단한 패드(JR111)로 갈수록 연마 특성은 Center Fast경향이 나타났다. 그리고 Sub 패드로 Suba IV를 사용하였을 경우, Edge Fast 양상이 나타났으며, IC1000 및 JR111의 단단한 패드 사용의 경우, Center Fast의 양상을 보였다. 따라서 Sub 패드가 단단할 수록 연마되는 양상은 Center Fast로 진행되며, 부드러운 수록 양상은 Edge Fast를 나타냄을 알 수 있다.



(a) Defect 개수



(b) Scratch 개수

그림 4. 패드 종류에 따른 결함 경향.

Fig. 4. Defect trend as a function of different Pad.

그림 4는 각각의 패드로 연마한 후 웨이퍼 위의 결함 개수를 날짜별로 분석한 것으로 그림 4(a)는 결함의 개수, 그림 4(b)는 스크래치의 개수를 나타낸 것이다. 공정이 진행됨에 따라 IC1000과 JR111은 서로 반대의 결함 분포를 보였다. 이는 앞서 지적한대로 하드 패드인 JR111은 초기에는 결함 개수가 작다가 공정이 진행됨에 따라 결함이 많이 발생하였으나 IC1000 패드는 반대의 결과를 나타내었다. 따라서 연마 초기의 제거율도 높으면서(그림 2 참조), 초기의 결함수가 작은 JR111 패드가 더 우수함을 알 수 있다. 그러나 결함수와는 달리 스크래치수는 IC1000 패드에서는 측정기간동안 하나도 발견되지 않았으나, JR111 패드에서는 1~2개의 스크래치가 검출되었다. 비록 스크래치가 발견되었지만 많지 않으므로 IC1000 보다는 JR111 패드가 연마제거율 및 결함 발생 측면에서 볼 때 더 효율적임을 알 수 있다.

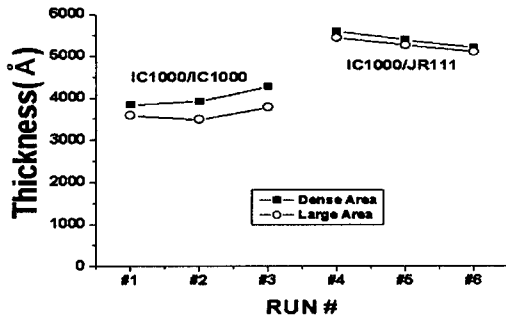


그림 5. 패드 종류에 따른 연마 된 두께 변화.  
Fig. 5. Polished thickness as a function of different Pad.

그림 5는 각각 IC1000과 JR111 연마 패드를 사용한 경우 Run 진행수에 따른 좁은 필드 지역과 넓은 필드 지역에서의 연마 두께를 나타낸 것이다. IC1000/IC1000 패드와 IC1000/JR111 패드 모두 세차레 측정된 결과 거의 동일한 연마두께를 나타내어 재현성은 우수하였다. 여기서 IC1000 패드의 결과는 3500Å의 STI를 연마한 것이고, JR111은 5000Å의 STI 두께를 연마한 결과이다.

표 1. 각각의 연마 패드 특성 비교.

Table 1. Comparison of pad characteristics as a function of different pad.

특성 종류	장 점	단 점	비 고
IC1000/ SubaIV	높은 선택도	낮은 제거율 (연마시간이 길다)	Edge Fast 양상
IC1000/ IC1000	높은 제거율, Scratch 없다, 재현성이 좋다	낮은 선택도	Center Fast 양상
IC1000/ JR111	높은 선택도, 높은 제거율, 재현성이 좋다	2개 이하의 Scratch 발생	Center Fast 양상

#### 4. 결 론

1. 선택비는 JR111 및 Suba IV에서 가장 높은 값을 얻을 수 있었다. 하지만, Suba IV상에서는 낮은 제거율이 나타나므로, 선택비가 크다고 하더라도 JR111 패드가 더 우수한 결과로 판단된다.
2. Sub 패드가 단단할 수록 연마되는 양상은 Center Fast로 진행되며, 부드러울 수록 양상은 Edge Fast를 나타내었다.
3. 결함 수준은 큰 차이가 없이 조사되었으나, 스크

래치 측면에서는 IC1000 패드 상에서는 단 한번도 발생되지 않았으나, JR111 패드 상에서는 2개 이하로 검출되었다.

4. 패턴 웨이퍼 상에서의 IC1000/IC1000 패드 세트와 IC1000/JR111 패드 세트간의 공정 차이점은 거의 없는 양호한 재현성을 나타내었다.

#### 참고 문헌

- [1] Yong-Jin Seo, Sung-Woo Park, So-Young Jeong, Woon-Shik Chol, Sang-Yong Kim, "Slurry induced metallic contaminations on different silicate oxides by as-deposited and post-CMP cleanine", 2001 (CMP-MIC), March, 7-9, 2001, Santa Clara, CA. USA, pp. 287-290.
- [2] 김상용, 이우선, 서용진, 김창일, 장의구, 박진성, "탈이온수의 압력과 정제된 N<sub>2</sub> 가스가 ILD-CMP 공정에 미치는 영향", 한국전기전자재료학회논문지, Vol. 13, No. 10, pp. 812-816, 2000.
- [3] Yong-Jin Seo, Chul-Bok Kim, Sang-Yong Kim, "A study on removal rate control of oxide CMP (Chemical Mechanical Polishing) process", 2001 Proceedings Sixth International (CMP-MIC), March, 7-9, 2001, Santa Clara, CA. USA, pp. 527-530.
- [4] P. Sallagoity, F. Gaillard, M. Rivoire, M. Paoli and F. Martin, "STI process steps for sub-quarter micron CMOS", Microelectron. Reliability, Vol. 38, No. 2, pp. 271-276, 1998.
- [5] 정해도 "CMP 공정에 사용되는 연마 소모자재 기술의 이해", 한국전기전자재료 학회논문지, Vol. 12, No. 10, pp. 19-28, 1999.
- [6] 김상용 "화학 Chemical Mechanical Polishing 공정 변수의 이해", 한국전기전자 재료학회논문지, Vol. 12, No. 10 pp. 9-18, 1999.