

# 산화막 CMP에서 압력조건이 웨이퍼 가장자리 연마율에 미치는 영향 The Effect of Pressure Conditions on Edge Profile in Oxide CMP

\*안준호<sup>1</sup>, 유민종<sup>1</sup>, 김형재<sup>2</sup>, 서헌덕<sup>3</sup>, 정해도<sup>1</sup>

\*J. H. An<sup>1</sup>, M. J. Yuh<sup>1</sup>, H. J. Kim<sup>2</sup>, H. D. Seo<sup>3</sup>, H. D. Jeong<sup>1</sup>(hdjeong@pusan.ac.kr)

<sup>1</sup> 부산대학교 정밀기계공학과, <sup>2</sup> 한국생산기술연구원 초정밀복합가공팀, <sup>3</sup> 지엔피테크놀로지

Key words : CMP, Non-uniformity, Retainer ring, Oxide, Edge Profile

## 1. 서론

반도체 회로의 고속화 및 고집적화는 1 차원적으로 선폭의 최소화, 2 차원적으로 칩 및 웨이퍼의 대면적화, 3 차원적으로 다층배선화와 같은 구조적인 변화로 요약할 수 있다. 이러한 구조적인 변화를 이끌어 낸 핵심기술은 여러 공정기술들과 더불어 로광(Lithography)기술과 평탄화(Planarization)기술의 발전에 힘입은 바가 크다.

디바이스 구조의 3 차원화는 패턴의 고밀도화에 따른 저항용량치(RC)를 감소시킬 목적으로 배선의 다층화(Multilevel Interconnection)가 시도되고 있으나 다층화가 될수록 층간에 누적되는 형상정도가 나빠져 오히려 집적도를 악화시키는 요인이 되고 있다. 따라서 디바이스를 집적하는 중간단계에서 각층의 요철 표면을 평탄하게 하는 평탄화공정을 필요로 한다. 반도체 생산공정 중에 사용되는 평탄화 공정기술은 소자의 집적도를 향상시키고 생산된 칩의 구조적, 전기적 신뢰를 도모하여 다층화와 고집적화를 실현하는 중요한 기술이 되고 있다.

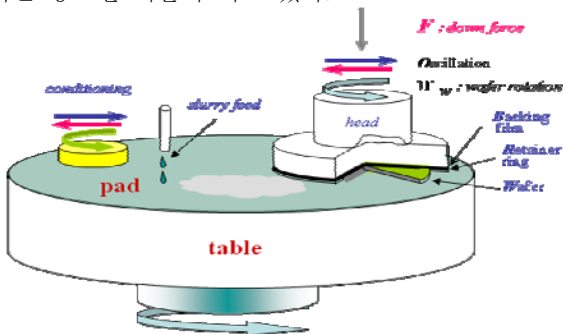


Fig. 1 Schematic of CMP equipment

CMP(화학기계적 연마; Chemical Mechanical Polishing)는 Fig. 1 에 보이는 바와 같이 기계적 작용과 화학적 작용의 상승효과에 의하여 재료의 표면에 결함을 남기지 않고 연마해 나가는 방법이다. 연마를 위하여 연마공구인 패드와 가공물인 웨이퍼 사이에 연마액을 개재시킨 채 압력을 가한 상태에서 서로 상대운동시켜 연마하는 가공기구를 가지고 있다. 이러한 방법에 의하여 웨이퍼 표면의 요철이 선택적으로 제거되면서 평탄화가 이루어진다. 재현성 있는 양호한 연마결과를 얻기 위해서는 일정한 연마속도(MRR ; Material Removal Rate)를 유지하고 웨이퍼 전면에서의 균일한 연마율(WIWN ; Within Wafer Non-Uniformity)과 각각의 칩 내에서 우수한 평탄도(Planarity)특성을 얻을 수 있어야 한다. 그러나 배선밀도가 높아지고 가공해야 될 웨이퍼의 크기가 증가하면서 장비의 크기문제와 더불어 슬러리 공급 분포의 불균일, 연마온도의 불균일화가 심해지는 등 여러 가지 문제점이 발생하고 있다.

특히 연마불균일의 문제는 압력의 불연속성이 일어나는 웨이퍼의 가장자리 부근에서 가장 심하게 일어나며 웨이퍼 가장자리에서의 연마프로파일의 불균일에 의해 소자제조 수율에 큰 영향을 미치게 된다. 이러한 웨이퍼 가장자리 연마 불균일 현상은 웨이퍼와 패드 사이의 접촉 불연속성으로 인해 웨이퍼의 가장자리에 압력의 집중이 일어나게 되어 이것이 곧바로 연마율의 불균일성으로 나타나게 된다.

이러한 불균일성을 감소시키기 위해 웨이퍼를 지지하고 있는 리테이너 링의 압력 조건을 변경하여 연마율을 보정하고자 하는 노력이 많이 시도되어 왔다[1,2]. 본 논문에서는 새롭게 개발된 리테이너 가압형 헤드의 특성을 평가하고 리테이너와 웨이퍼 사이의 압력에 따른 웨이퍼 가장자리 부분의 연마형태와 이것이 전체 연마균일도에 미치는 영향에 대해 실험한 결과를 제시하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 조건

리테이너링과 웨이퍼 사이의 압력차이에 따른 웨이퍼 가장자리 연마율의 변화를 실험하기 위하여 G&P Technology 사의 멤브레인형 CMP 장치(POLI-500 Dual Head)를 사용하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 웨이퍼는 4 인치 산화막 웨이퍼를 사용하였으며 웨이퍼 반경방향의 연마율 변화를 확인하기 위하여 실험 전/후 두께 변화를 웨이퍼 반경방향 3mm 간격으로 Reflectometer 를 이용하여 두께 변화를 측정하였다. 실험에 사용된 연마헤드의 구조는 Fig. 2 에 나타난 바와 같이 리테이너링과 웨이퍼내부의 압력을 독립적으로 제어할 수 있는 멤브레인형 연마헤드를 사용하여 실험을 수행하였다. 또한 자세한 실험조건은 Table 1 에 표시되어 있으며 특히 주요 실험 변수로서 웨이퍼와 리테이너 사이의 압력 차이를 주어 실험하였으며 웨이퍼 압력에 대하여 리테이너링의 압력을 -200g/cm<sup>2</sup> 에서 +200g/cm<sup>2</sup> 까지 100g/cm<sup>2</sup> 단위로 다섯 단계로 나누어 실험을 진행하였다. 따라서 실험결과는 이러한 압력차이에 따른 웨이퍼 가장자리 부근의 연마율 변화를 측정하고 평가한 내용을 기술하였다.

Table 1 Experimental Conditions

Parameters	Conditions
Pad	IC1400
Slurry	TSO-12(Techno SemiChem Co.)
Flow rate(ml/min)	150ml/min
Velocity(HT/C)	87/93/63 rpm

Experiment No.	Wafer Pressure	Retainer Pressure
Wafer1	500g/cm <sup>2</sup>	300g/cm <sup>2</sup> (-200)
Wafer2		400g/cm <sup>2</sup> (-100)
Wafer3		500g/cm <sup>2</sup> ( 0 )
Wafer4		600g/cm <sup>2</sup> (+100)
Wafer5		700g/cm <sup>2</sup> (+200)

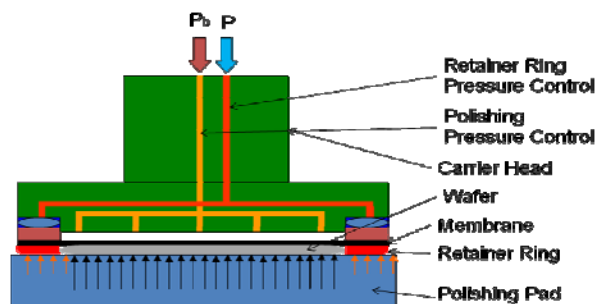


Fig. 2 Construction of carrier head used for the experiment

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3 에 웨이퍼와 리테이너 링 사이의 압력 편차에 따른 웨이퍼 전면에서의 연마프로파일을 도시하였다. 결과에서 볼 수 있듯이 웨이퍼 중심부근의 연마형상은 거의 변화가 없으나 웨이퍼의 압력에 대해 리테이너링의 압력을 증가시킬수록 웨이퍼 가장자리 부근의 연마율이 일관적으로 증가하는 경향을 보인다.

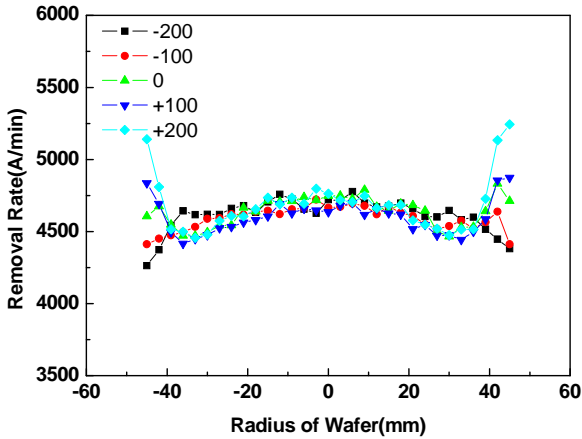


Fig. 3 Removal rate profile across the 4" wafer with membrane head.

Fig. 4 에 웨이퍼 가장자리 부근의 연마율 변화를 확대해서 표시하였다. 연마율의 변화를 보면 리테이너링의 압력 변화에 따라 웨이퍼 가장자리 11mm 부근부터 연마율의 차이를 나타내기 시작하여 가장자리로 갈수록 큰 차이를 보이게 된다. 또한 연마율은 웨이퍼 가장자리 8mm 부근에서 연마 프로파일의 변곡점을 보이는 것을 알 수 있다.

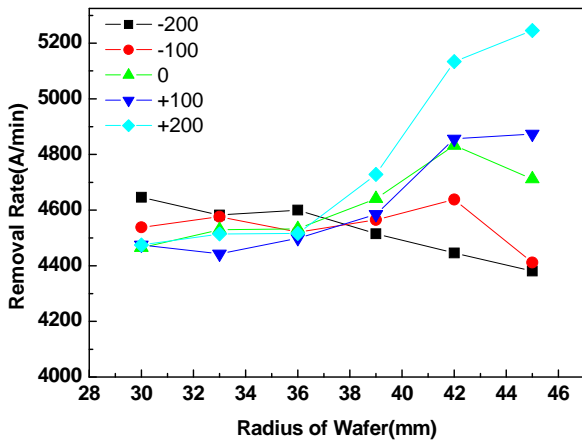


Fig. 4 Removal rate profile around the edge of the wafer

이러한 원인은 Fig. 2 에서 볼 수 있는 바와 같이 멤브레인 압력과 리테이너링이 일체형이기 때문에 리테이너링의 압력을 증가시킬수록 리테이너링 부근의 멤브레인이 하중을 받게 되어 결국 리테이너링 부근 웨이퍼부분(가장자리 부분)의 연마압력에 영향을 받게 되기 때문으로 생각된다. 그러나 이러한 특성으로 인하여 웨이퍼 가장자리부분의 연마율의 제어가 가능한 것으로 판단되며 Fig. 5 에서 볼 수 있듯이 연마균일도는 리테이너 압력의 편차값에 따라 연속적으로 제어가 가능함을 알 수 있다. 실험에서 나타난 연마균일도의 최저값은 웨이퍼의 압력이 500g/cm<sup>2</sup> 일 때 리테이너 링 압력을 -100g/cm<sup>2</sup> 으로 설정한 경우가 가장 낮으며 그 값은 1sigma 계산을 기준으로 1.8%의 양호한 연마균일도를 보이고 있다. 또한 연마균일도는 리테이너링의 압력이 증가할

수록 증가하는 경향을 보이며 리테이너링의 압력이 웨이퍼 압력에 비해 +200g/cm<sup>2</sup> 으로 설정된 경우 4%를 넘는 연마균일도를 보이고 있다.

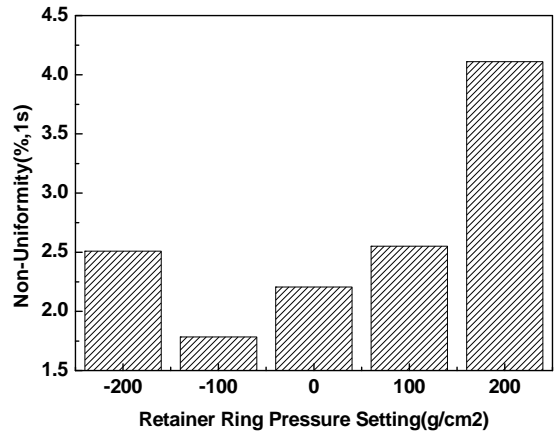


Fig. 5 Non-uniformity results based on 5mm edge exclusion.

### 4. 결론

멤브레인형 연마헤드에서 리테이너링 압력과 웨이퍼 사이의 압력 편차가 연마균일도에 미치는 영향에 대하여 실험을 수행하고 그 결과를 나타내었다. 실험결과 리테이너링의 압력에 따라 웨이퍼 중심부분의 연마율 변화는 거의 없으나 가장자리부분의 연마율의 변화가 크게 나타났으며 리테이너링의 압력이 증가함에 따라 웨이퍼 가장자리 연마율이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 리테이너링의 가압량을 증가시키는 경우 웨이퍼 에지부근의 멤브레인에 하중이 가해져서 연마율의 변화가 생긴것으로 사료되며 실험에 의해 얻어진 연마균일도의 최저값은 1 시그마 계산법 기준으로 1.8%의 매우 우수한 연마 균일도 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

### 참고문헌

1. Fujita, T.; Touzov, M.; Michiya, S.; Doy, T.K.; Semiconductor Manufacturing Symposium, 2001 IEEE International 8-10 Oct. 2001 Page(s):183 - 186
2. Touzov, M.M.; Fujita, T.; Doy, T.K.; Semiconductor Manufacturing Symposium, 2001 IEEE International 8-10 Oct. 2001 Page(s):337 - 340