

# CMP와 Spin Etching에 의한 Blanket Wafer(TEOS) 가공 특성 비교에 관한 연구

김도윤\*(부산대학교 정밀기계공학과), 정해도(부산대학교), 이은상(인하대학교)

## A Study on Machining Characteristic Comparison of Blanket Wafer(TEOS) by CMP and Spin Etching

D. Y. Kim(Precision Mech. Eng. Dept., PNU), H. D. Jeong(Mech. Eng. school., PNU), E. S. Lee(Mech. Eng. Dept., IHU)

### ABSTRACT

Recently, the minimum line width shows a tendency to decrease and the multi-level to increase in semiconductor. Therefore, a planarization technique is needed, which chemical mechanical polishing(CMP) is considered as one of the most important process. CMP accomplishes a high polishing performance and a global planarization of high quality. But there are several defects in CMP such as microscratches, abrasive contaminations, and non-uniformity of polished wafer edges. Spin Etching can improve the defects of CMP. It uses abrasive-free chemical solution instead of slurry. Wafer rotates and chemical solution is simultaneously dispensed on a whole surface of the wafer. Thereby chemical reaction is occurred on the surface of wafer material is removed. On this study, TEOS film is removed by CMP and Spin Etching, the results are estimated at a viewpoint of material removal rate(MRR) and within wafer non-uniformity(WIWNNU).

**Key Words** . Planarization (평탄화), Chemical Mechanical Polishing (화학기계적연마), Spin Etching (스핀에칭), Material removal rate (박막제거율), Within wafer non-uniformity (웨이퍼내불균일도)

### 1. 서론

최근의 반도체 산업은 메모리와 비메모리로 크게 양분되어 Moore의 법칙에 의해 18개월마다 디바이스의 용량이 두 배씩 빠른 속도로 진보하고 있으며 현재는 그 진행 속도가 점차 빨라지고 있다. 특히 칩의 소형화와 고속화에 대한 기대 심리는 기술 수준을 한층 더 고도화시키고 있다<sup>(1,2)</sup>.

이를 실현하기 위하여 1차원적으로 최소 선폭이 64M DRAM의 0.35  $\mu\text{m}$ 에서 1G DRAM의 0.13  $\mu\text{m}$ 을 거쳐 2001년 2월에 0.10  $\mu\text{m}$ 의 공정기술을 도입하여 세계최초로 4G DRAM의 시제품을 개발하여 상용화 시대 개막을 예고하고 있다. 2차원적으로는 칩의 수율을 향상시키기 위하여 웨이퍼의 직경이 200mm를 거쳐 300mm로 대구경화 되고 있다. 또 3차원적으로는 배선을 다층으로 집적시키는 구조적

변화가 적용되고 있다<sup>(1)</sup>.

이러한 초미세 패선형성기술에 의해 기존의 공정으로 한정된 면적에 집적 용량을 극대화하기 위해서 다층 배선으로 갈 경우, 디바이스를 집적하는 중간 단계에서 각층마다 소자 표면을 평탄화할 필요가 있으며, 반도체 공정 중에 사용되는 평탄화 공정기술은 소자의 집적도를 향상시키고 생산된 칩의 구조적, 전기적 신뢰를 도모하여, 다층화와 고집적화를 실현하는 중요한 기술이 되고 있다.

이러한 평탄화 공정기술의 대표적이라 할 수 있는 CMP는 연마 패드와 웨이퍼 사이에 연마입자가 현탁되어 있는 연마액(Slurry)을 공급하여, 압력을 가한 상태에서 서로 상대 운동을 시켜 연마하는 가공 기술로 가공능력(MRR)이나 고품질화의 광역 평탄화(Low WIWNNU)를 이룬다. 그러나 연마액 속의 연마 입자에 의한 웨이퍼표면에 입자 오염이나 마이크로 스크래치(Microscratch) 그리고 연마 패드와 웨이퍼와

의 상대 압력 차이에 의해 발생하는 웨이퍼 엣지(Edge)부 가공형상의 불균일성등의 단점이 있다<sup>(3)</sup>.

본 연구의 목적은 CMP와 화학액에 의한 스핀 에칭(Spin Etching)을 통한 블랭킷웨이퍼(Blanket wafer)에 대한 가공결과를 비교하는데 있다.

## 2. 스핀 에칭

### 2.1 스핀 에칭 가공 원리

스핀 에칭은 Fig 1과 같이 웨이퍼를 척에 고정하고 회전시키면서 적절한 화학액(Etchant)을 그 위로 공급하면서 회전에 의한 원심력으로 화학액이 웨이퍼 전면을 따라 웨이퍼의 일정 두께를 제거하는 에칭을 말한다 또한 에칭공정 후 즉각 DI-Water를 공급하여 세정을 하므로 진류 화학액에 의한 오버에칭(Over-etching)과 연마입자에 의한 오염이나 마이크로스크래치의 근본원인을 제거할 수 있으며, 화학반응성이 높은 화학액을 사용시 표면을 평탄화할 수 있다<sup>(3)</sup>. 특히 가압기구를 사용하지 않으므로 가공후 웨이퍼 엣지부의 형상의 불균일도는 CMP에 비해 낮다

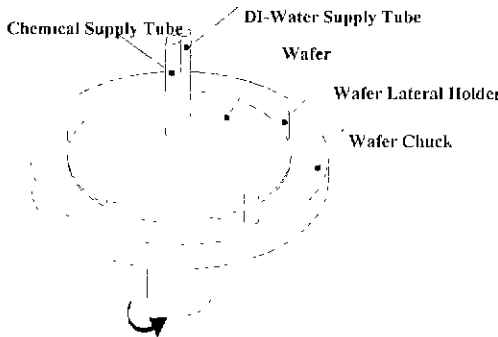
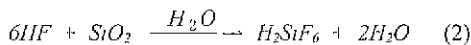
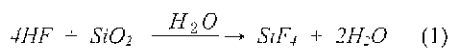


Fig 1 Schematic drawing of Spin Etcher

### 2.2 에칭 메카니즘

블랭킷웨이퍼의 TEOS막을 제거하기 위한 화학액은 49%wt HF와 H<sub>2</sub>O를 일정 비율로 섞어서 사용한다

HF에 의한 TEOS막의 에칭 메카니즘은 다음과 같다



불소(F)는 산소(O)보다 더 작은 이온 반경을 가지므로 Si-O(1.62 Å)보다 작은 Si-F(1.40 Å) 결합을 이룰

뿐만 아니라, 결합 에너지도 Si-O의 절반에 해당하기 때문에 불소(F)가 쉽게 SiO<sub>2</sub>에 침투하면서 반응이 일어난다<sup>(4)</sup>.

## 3. CMP와 스핀 에칭 가공 평가

### 3.1 가공 조건 및 평가 항목

블랭킷웨이퍼의 TEOS막 가공에 대한 CMP와 스핀 에칭의 가공 조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 The conditions of experiments

	CMP	Spin Etching
Machine	LAPMASTER LGP-381	
Wafer(6inch)	Blanket Wafer(TEOS)	
Pad	IC1400 <sup>TM</sup>	Not used
Solution	Slurry (ILD1300 <sup>TM</sup> )	Diluted HF
Time	3min	3min, 6min
Flow Rate	200ml/min	370ml/min
Polishing Pressure	300g/cm <sup>2</sup>	Not used
Rotating Speed	30rpm	500rpm
Wafer Carrier	30rpm	Not used
Measurement	Auto EL-III(Roudolph)	

CMP의 경우, 더미웨이퍼(Dummy Wafer)를 사용하여, 연마 패드를 안정화시킨 다음 블랭킷웨이퍼를 3분간 연마하였다 스핀 에칭의 경우는 Fig. 1과 같은 실험 장비를 자체 제작하였고, HF의 농도를 증가시키기면서 DI-Water와 혼합하여 각 혼합비에서 3분과 6분으로 2장씩 가공하였다

박막 측정기인 루돌프사의 Auto EL-III를 사용하여 6인치 웨이퍼 기준으로 웨이퍼 전면을 52 포인트로 설정하여 가공전과 후의 TEOS막을 측정하였다 또한 웨이퍼 중심을 기준으로 반경 방향으로 총 20 포인트를 설정하여 반경 방향의 박막 두께를 측정하였다.

CMP와 스핀 에칭에서의 블랭킷웨이퍼의 가공 특성 평가는 가공전후의 박막의 두께차를 구하여 EE 3mm를 제외한 52포인트에서의 박막 제거율(MRR)을 구하였다. CMP와 스핀 에칭에 의한 박막 제거율을 서로 비교하기 위하여 HF 농도에 따른 스핀 에칭에서의 평균 박막 제거율(MRR)을 구하였다 또 웨이퍼에서의 광역 평탄화 정도를 알아내기 위하여 식 (3)으로 웨이퍼내의 불균일도(WIWN)를 구하여 비교

하였다

$$WIWNU(\%) = \frac{\text{Standard deviation}(\sigma)}{MRR_{\text{average}}} \times 100 \quad (3)$$

또, 반경 방향에서 20포인트의 잔류 박막을 측정하여 박막 제거율을 구하였다. 이를 기반으로 CMP와 스핀 에칭에서의 프로파일을 비교하였다.

### 3.2 가공 결과 비교

#### 3.2.1 박막 제거율 비교

CMP의 경우 Table 1의 실험 조건으로 3분간 가공시 박막 제거율(MRR)이 1079 Å/min이었다. 따라서 스핀 에칭하였을 경우에도 위와 비슷한 박막 제거율을 가져야하므로 1000 Å/min을 목표치로 두고 실험을 하였다

블랭킷웨이퍼의 TEOS막을 제거하기 위한 화학액은 앞서 언급한대로 HF와 H<sub>2</sub>O를 혼합하여 사용하였다. SiO<sub>2</sub>막의 제거율은 HF의 농도에 따라 증가한다<sup>(4)</sup> 따라서 본 실험에서는 Table 1에서 제시한 가공 조건으로 CMP로 3분 가공시의 박막 제거율인 1000 Å/min으로 에칭량을 맞추기 위해 H<sub>2</sub>O량을 고정하고 HF의 량을 정수배의 부피비로 증가시켜가면서 실험을 실시하였다

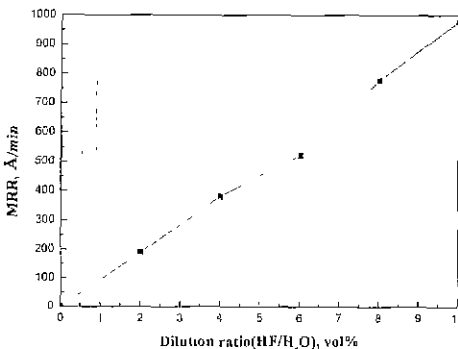


Fig 2 MRR as chemical component

Fig 2는 화학액 혼합비에 따른 박막 제거율을 도시한 것이다. 여기서 H<sub>2</sub>O에 대한 HF의 농도를 정수배로 증가하였을 때 박막 제거율은 약 196 Å/min씩 비례하여 증가하며, 최종 977 Å/min의 제거율을 얻을 수 있었다 이는 화학액의 혼합비를 조절하므로 기타 다른 가공 조건 변화 없이 박막 제거율을 선형적으로 제어할 수 있음을 보여준다.

#### 3.2.2 WIWNU 비교

EE(Edge exclusion) 3mm를 제외한 52포인트의 박막 제거율을 기반으로 표준편차와 평균 박막 제거율

을 구하였다. 이를 식 (3)을 이용하여 각각의 화학액 조성비에서 웨이퍼 내의 불균일도(WIWNU)를 구해보았다. 10 vol% 화학액을 사용한 스핀 에칭의 결과는 CMP 가공 후 결과와 비교하여 도시하였다

Fig. 3에 도시된 바와 같이 스핀 에칭의 경우에는 각각의 화학액 조성비에서 WIWNU가 3%내외로 균일한 결과를 나타내고 있다. 이는 블랭킷웨이퍼를 회전시키면서 그 위로 화학액이 분배되므로 회전에 의한 원심력으로 웨이퍼 전면에 걸쳐 화학액에 의한 박막 제거 반응이 일어난다. 하지만 CMP의 경우 인마 페드의 압력 전사 방식이므로 웨이퍼와 인마 페드간의 접촉 회전시 접촉 부분의 불균일성으로 WIWNU가 스핀 에칭보다 높게 나타난다고 볼 수 있다<sup>(5)</sup>

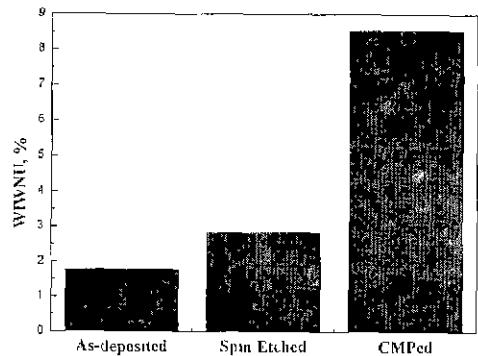


Fig. 3 Comparison of WIWNU CMP with Spin Etching

#### 3.2.3 반경방향 프로파일 비교

가공 전 블랭킷웨이퍼의 TEOS막 두께를 측정하고, CMP와 스핀 에칭을 각각 3분간 가공한 후의 잔류 TEOS막 두께와 박막 제거율을 계산하였다. 여기서 측정은 웨이퍼 중심에서 0° 방향으로 5mm씩 10개 포인트와 3mm씩 6포인트 그리고 2mm씩 4포인트로 설정하여 EE 3mm를 제외한 20포인트로 설정하였다

Fig 4에 CMP와 스핀 에칭 가공 후, 잔류 TEOS막 두께를 도시하였다. 여기서 스핀 에칭에서의 프로파일은 가공전 블랭킷웨이퍼의 표면과 유사하게 추종하지만, CMP의 경우는 웨이퍼 엣지부로 갈수록 프로파일의 굴곡이 발생함을 볼 수 있다 하지만 잔류 TEOS막 두께의 WIWNU를 구해 본 결과, CMP와 스핀 에칭에서의 값이 약 2.3%로 균일하였다. 그러므로 더 정확한 결과 비교를 위해 Fig 5에 반경 방향에 대한 박막 제거율을 계산하여 도시해 보았다

CMP에서 웨이퍼의 엣지부로 갈수록 제거율이 늘었다가 줄어드는 것을 볼 수 있는데, 이는 웨이퍼

와 연마 패드의 상대 가압력의 차이로 인해 발생되는 박막 제거율이 불균일하게 되는 CMP의 특징이라 할 수 있다. 하지만 스핀에칭의 경우에는 위의 같은 CMP의 특징이 보여지지 않는다. 따라서, 식 (3)을 이용하여 박막 제거율에 대한 WIWNU를 구해 비교하면, CMP의 경우 4.3%이고 스핀 에칭에서는 2.1%로 더 균일함을 나타내었다.

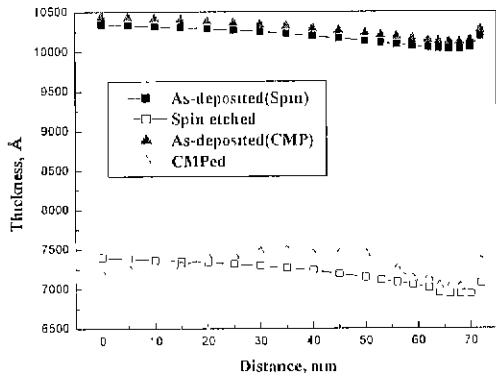


Fig. 4 Comparison of residual thickness CMP with Spin Etching

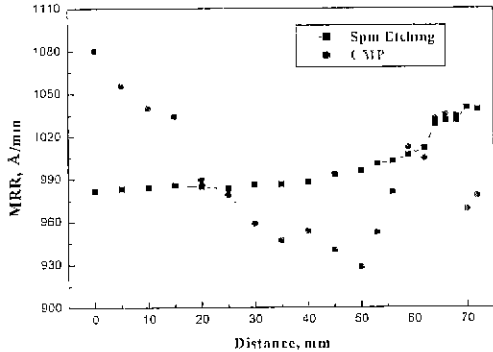


Fig. 5 Comparison of radius profiles CMP with Spin Etching

#### 4. 결론

본 논문은 CMP와 스핀 에칭에 대하여 블랭킷 웨이퍼의 TEOS막에 대한 가공 특성을 비교한 것이다. 박막 제거율과 웨이퍼 전면 및 반경 방향에서의 WIWNU를 비교한 결과를 근거로 다음과 같은 결론을 얻어내었다.

(1) H<sub>2</sub>O에 대한 HF의 조성비를 부피비로 증가시키면, 박막 제거율(MRR)도 선형적으로 증가하였다.

(2) 웨이퍼 전면에 대한 박막 제거율은 스핀 에칭의 경우가 더 균일하였다.

따라서, 연마 패드나 슬러리를 사용하는 CMP와 스핀에칭에서의 박막 균일도는 스핀 에칭의 결과가 우수하였다

#### 참고문헌

1. 정해도, "CMP특집 제 1 장 서론", 월간반도체, 11월호, 1997
2. 정해도, "차세대 반도체 제조를 위한 초정밀 가공 기술", 대한기계학회지, 제36권, 제3호 pp.221~230, 1996
3. Levert, J., Mukherjee, S., DeBear, D., "SPIN-ETCH PLANARIZATION PROCESS FOR COPPER DAMASCENE INTERCONNECTS," Semicon Japan, December 1999.
4. Werner Kern. Handbook of semiconductor wafer cleaning technology, pp 17~18, pp.288~303.
5. 김형재, 김효윤, 정해도, "CMP공정에서 연마 결과에 영향을 미치는 패드 물성치에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제17권, 제03호, pp. 184-191, 2000