

오존/자외선에 의한 실리콘 웨이퍼의 정밀세정에 관한 연구

박천미, 이창호, 전병준, 윤병한, 임창호, 송현직, 김영훈, 이광식  
 영남대학교, Leewoo Smartech, 구미1대학, 포항1대학

A Study on the Contaminants Precision Cleaning of Etched Silicon Wafer by Ozone/UV

H.M Park, C.H Lee, B.J Chun, B.H Yoon, C.H Lim, H.J Song, Y.H Kim, K.S Lee  
 Yeungnam Univ, leewoo Smartech, Kumi 1 College, Pohang 1 College

**Abstract** - In this study, major research fields are classified as ozone generation system for dry cleaning wafer of etched silicon wafer, dry cleaning process of etched silicon wafer which includes SEM analysis and ESCA analysis. The following results are deduced from each experiment and analysis.

The magnitudes of carbon and silicon were similar to the survey spectrum of silicon wafer which does not cleaning, but magnitude of oxygen was much bigger. Because UV light activates oxygen molecules in the oxide film on the silicon wafer.

1. 서 론

반도체 제조공정에서 실리콘 웨이퍼 표면에 유입되는 오염은 소자의 신뢰성 저하, 결정결함과 함께 수율의 감소를 가져오므로 이러한 오염을 제어하는 기술은 매우 중요하다. 따라서 반도체 제조기술에 있어서 설계기술이나 공정기술 등과 같이 오염제어 기술은 중요한 의미를 갖고 계속 발전되어 오고 있다. 오염제어 기술의 한 부분으로 세정기술은 제조공정상 실제적으로 웨이퍼에 관련된 직접적인 오염제어 수단으로 사용되어 왔으며 반도체 공정의 약 20%를 세정공정이 차지한다.<sup>[1]</sup>

실제로 고품질의 극미세 박막을 안정하게 형성하고 고선택성의 VLSI/ULSI 제조기술을 확보하기 위해서는 초정정 기술에 기초를 둔 Si 기판 세정이 매우 중요하게 되었다. 예를 들어 웨이퍼는 열산화 불순물 확산 실리콘 박막의 에피택시얼 성장, 화학기상증착 그리고 다른 열공정과 같은 공정에 앞서 깨끗하게 세정되어야 한다.<sup>[2]</sup>

현재 습식세정이 널리 쓰이고 있는데 그 이유는 실리콘 표면으로부터 입자, 금속오염물 그리고 자연산화막을 제거하는데 효과적이기 때문이다. 그러나 습식세정은 많은 양의 화학시약과 DI Water가 필요할 뿐만 아니라 화학시약의 폐기에 많은 비용이 들고 유해하다는 이유 때문에 점점 더 그 유용성의 한계에 다다르고 있는 실정이다. 또한 화학시약에서의 재오염 문제와 deep-submicron geometry와 공정자동화의 요건인 multi-chamber processing에 적합하지 못하다는 결점을 안고 있다.<sup>[3]</sup> 습식세정 공정의 문제점으로 부각되고 있는 세정 후의 금속이온 재오염, 복잡한 구조에서의 불침투성, DI Water rinse 후 건조공정에서 발생하는 물자국 등을 개선하기 위해 세정공정에서 건식세정 공정을 사용하려고 한다.

본 연구에서는 금속오염원을 제거하는 건식세정 방법 중 웨이퍼 상에 손상 없이 제거하는 것에 플라즈마, UV/Cl<sub>2</sub> Vapor phase를 이용한 방법 대신 UV/O<sub>3</sub>를 이용한 실리콘 웨이퍼의 정밀세정에 관한 연구로서 오존과 자외선 각각의 건식세정 법에서 세정시간에 따른 웨이퍼 표면에 남아있는 잔류물질을 SEM과 XPS를 이용해 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 오존발생기, 원료가스 공급장치, 전원장치 및 계측장치 진공펌프 등으로 오존발생장치를 구성하여 오존발생기의 방전특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 실험장치의 배치도를 그림 1에 나타내었다. 그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스 흐름선도로서 원료가스 공급장치 및 계측장치들을 통과하는 오존화 가스의 흐름을 나타낸 것이다.

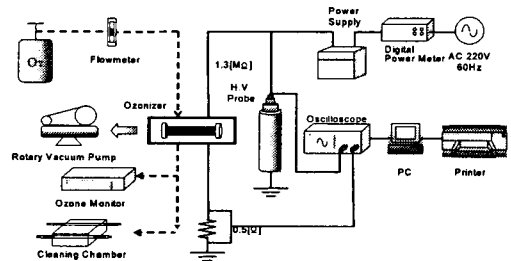


그림 1. 실험장치의 배치도

그림에서 보는 바와 같이 원료가스로는 주변 환경의 변화에 따른 영향을 작게 받아 관련인자의 영향에 대한 비교가 용이한 산소(O<sub>2</sub>)를 주로 사용하였으며, flowmeter(0~10[l/min], Chiyoda seiki Co. ltd. Japan)를 통해 일정유량(Q)으로 오존발생기에 공급하였다.

이때 유량 및 NT(Neon Transformer)의 출력전압의 변화에 따른 방전개시전압, 방전개시전류, 방전과형 및 외부유전체의 방전갯 변화에 따른 방전전압을 고전압 분압기(EP-50K, 분압비2000:1, Pulse Electronics Ltd, Japan), oscilloscope(TDS3014, 100MHz, 1.25Gs/s, Tektronics), 로 측정한 후 파형은 프린터로 출력하였다.

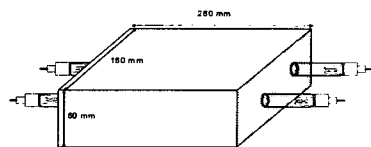


그림 2. Cleaning box의 구성도

그림 2는 실리콘웨이퍼 건식세정을 위해 cleaning box에 두개의 저압수은방전램프를 제작한 구성도를 나타낸 것이다.

이것은 굵기 5mm인 아크릴로 넓이 260mm, 길이 160mm, 높이 60mm의 직사각형 모양으로 만들었다.

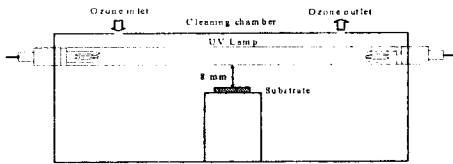


그림 3. Cleaning box의 단면도

그림 3은 cleaning box의 단면도를 나타낸 것으로 실리콘 웨이퍼는 cleaning box의 내부에 위치한다. 중첩형 오존발생기로 발생시킨 오존이 O<sub>3</sub>/UV 건식세정 결과를 위해 cleaning box의 윗부분에서 통과하여 공급된다.

건식세정 과정에서 변수중 하나는 기판과 UV source 사이의 거리이다. 석영 UV관을 사용했을 때 UV sources에서 먼 거리 일수록 오존농도와 UV복사에너지 양은 감소하였다. 그러므로 실리콘 웨이퍼의 세정률을 최대로 하기 위해서 기판을 가능한 UV sources와 가깝게 한다. 이 결과로, 실험장치에는 8mm로 거리를 균일하게 조절했다.

오존과 자외선 각각의 건식세정 법에서 세정시간에 따른 웨이퍼 표면에 남아있는 잔류물질을 SEM과 XPS를 이용하여 분석하였다.

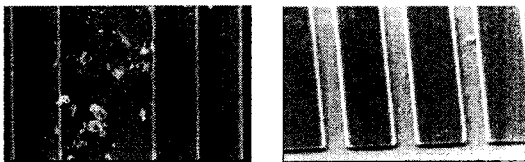
실리콘 웨이퍼 건식세정 실험 과정을 표 1에 나타내었다.

표 1 실리콘웨이퍼 건식세정 실험과정

Etching conditions	Cleaning variables	Process time
인가전력:200W	O <sub>3</sub> /UV cleaning	5,10,20 min
압력: 30mTorr	O <sub>3</sub> only	5,10,20 min
Flow rate:5 sccm	UV only	5,10,20 min
Etching time:10min	O <sub>3</sub> /UV+photoresist	5,10,20 min

## 2.2 실험 결과 및 고찰

### 2.2.1 FE-SEM 결과



(a) 5분

(b) 20분

그림 4. SF6플라즈마 에칭된 웨이퍼에 O<sub>3</sub>/UV 건식세정 시 제거되지 않은 포토레지스터

그림 4에서 실리콘 웨이퍼 식각의 SEM(주사전자 현미경)으로 본 것이다. 그림 4-(a)는 SF<sub>6</sub> 플라즈마 에칭된 웨이퍼를 5분 동안 O<sub>3</sub>/UV 건식세정했을 때 제거되지 않은 포토레지스터를 SEM으로 나타낸 것이다. 이것은 다수의 불순물 미립자와 부서진 포토레지스트 조각을 나타낸다.

그림 4-(b)는 웨이퍼에 20분 동안 O<sub>3</sub>/UV 건식세정했을 때 제거되지 않은 포토레지스터를 보여준다. 그림 4-(a)와 대조해서 그림 4-(b) 때 웨이퍼 표면이 깨끗한 것 또한 확인된다. 그림 4-(a)에 비해 4-(b)는 500배 대한 사진이다.

### 2.2.2 XPS 분석 결과

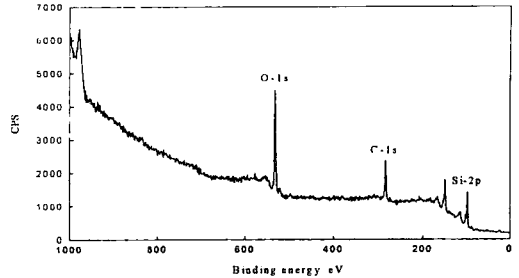


그림 5. XPS를 이용해 세정하지 않았을 때의 에칭된 실리콘 웨이퍼의 성분 분석 결과

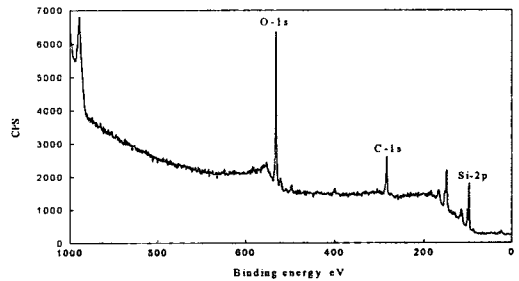
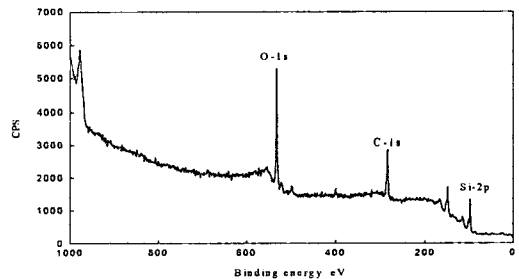
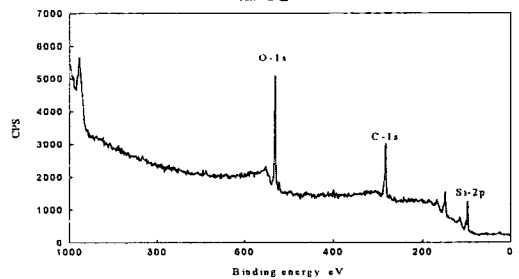


그림 6. XPS를 이용해 5분 동안 UV 건식세정했을 때 에칭된 실리콘 웨이퍼의 성분 분석 결과

그림 5는 XPS를 이용해 세정하지 않았을 때의 에칭된 실리콘 웨이퍼의 성분 분석 결과이고 그림 6은 XPS를 이용해 5분 동안 UV 건식세정했을 때의 성분을 분석한 것이다. 탄소와 실리콘의 피크는 그림 5와 유사하지만 산소의 피크는 UV광으로 실리콘웨이퍼 위의 산화물에 산소분자의 활성으로 인해 매우 커졌다.



(a) 5분



(b) 20분

그림 7. 오존만을 이용해서 실리콘 웨이퍼를 각각 5분 20분 동안 세정했을 때 XPS 성분 분석 결과

그림 7은 XPS를 이용해 오존만을 이용해서 실리콘 웨이퍼를 각각 5분 20분 동안 세정했을 때를 보여준다. 모든 원소가 세정시간에 대해서 조금의 변화를 보인다. 이것은 산소와 실리콘이 세정시간이 증가할수록 오존을 산화시켜 무기성 기판이 되기 때문이다. 반면 산소는 그림 6의 UV건식세정과 비교하면 큰 감소를 보인다. 이것은 실리콘웨이퍼에 산소원자와 함께 오존을 포함함으로써  $O_2$ ,  $O_3$ 같이 휘발성 물질로 전환되는 것이다.

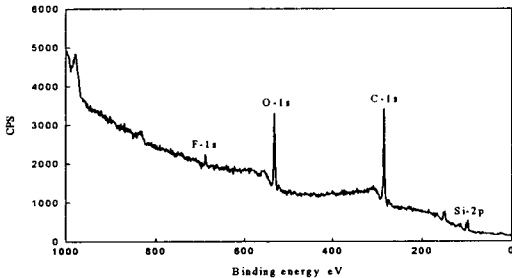


그림 8.  $O_3$ /UV 세정한 실리콘 웨이퍼를 5분 동안 세정했을 때 XPS 성분 분석 결과

그림8은  $O_3$ /UV 세정한 실리콘 웨이퍼를 5분 동안 세정했을 때 XPS 성분 분석 결과이다. 그전에 명확하게 불소(F)는 산화물이  $O_3$ /UV 세정에 의해 제거되기 때문에 나타났다. 그것은 불소 라디칼이 실리콘 웨이퍼와 충돌한 결과 불소 원자들이 산화막 내로 들어갔던 것이 산화막이 제거되면서 불소가 나타나게 되었다. 탄소의 경우는 실리콘 웨이퍼의 탄화수소는  $O_3$ /UV에 의해 분리된 결과 탄소 피크를 증대 시킨 것이다.

그러나 그림 9 에서 불소는  $O_3$ /UV세정에서 깨끗하게 제거된 것을 확인 가능하다. 그리고 탄소 역시 제거되었다 이는 UV광으로 산소 원자와 분자가 발생되고 오존 발생기 역시 오존뿐만 아니라 산소분자를 발생시키기 때문에 산소의 크기도 증대된다.

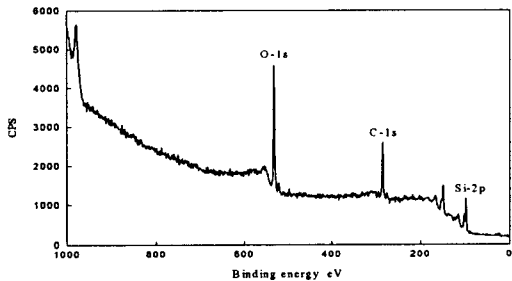


그림 9.  $O_3$ /UV 세정한 실리콘 웨이퍼를 20분 동안 세정했을 때 XPS 성분 분석 결과

### 3. 결 론

본 논문의 주요한 연구 분야는 건식세정을 위한 오존 발생시스템과 예칭된 실리콘 웨이퍼의 건식세정공정으로 나눌 수 있다.

(1)  $O_3$ /UV를 이용한 건식세정에서 세정시간이 5분인 경우에는 많은 양의 불순물이 웨이퍼 표면에 남아 있는 것을 볼 수 있었지만 세정시간이 20분인 경우에는 불순물의 양이 현저히 감소한 것을 볼 수 있었다.

(2) XPS를 이용한 웨이퍼 표면 잔류물질의 분석에서 산소와 실리콘은 자외선만을 이용한 건식세정으로는 제

거가 어렵다는 것을 알 수 있었고, 오존만을 이용한 건식세정법으로는 산소의 제거에 아주 효과적이었다. 그러나 탄소와 실리콘은 오존만을 이용한 세정으로는 제거하기가 어려웠다. 반면에 오존과 자외선을 병용한 세정법으로는 불소와 탄소의 제거에 아주 효과적임을 알 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 서동량, "제 9회 Clean Room 기술세미나" p.85 2003
- [2] Y.Sato, R sugino and T.Ito, Fijitsu Sci Tech, J. 27, 4, p. 317 1991
- [3] 류근걸 외 5인, 산업과학기술연구소 연구논문집,p.177 1992
- [4] 이종덕 "실리콘 직접회로 공정기술의 기초" 대영사 2002
- [5] 황효정, "반도체 공정기술", 생능출판사, 1999
- [6] 전병준, 이상근, 송현직, 김영훈, 박원주, 이광식, "3상 전압 인가형 중첩방전형 오존발생기의 오존생성 상승효과", 대한전기학회 논문지, Vol, 49C, No.8,pp.486~476, 2000.
- [7] 전병준, 송현직, 김영훈, 최상태, 이광식, "3상 전압을 사용한 중첩방전형 오존발생기의 오존생성 및 방전잡음특성", 한국조명전기설비학회 논문지, Vol, 14, No.2,pp.59~67, 2000.
- [8] Byung-Joon Chun, Sang-Keun Lee, Kwang-Sik Lee, "Ozone Generation Characteristics of a Piled Plate Type Ozonizer", KIEE Intertional Trans. on EA, 12C, No.1,pp.33~37, 2002.
- [9] 李廣植, 李東仁, "氣體放電에 의한 오존생성과 그 應用", 大韓電氣學會 放電·高電壓(研), 學術發表會 論文集, pp.32 ~ 35, 1992.