

## LPCVD 누적 증착막 제거 Cleaning에 EPD(end point detect) 방식 적용 연구

임정빈<sup>1,2\*</sup>, 하종호<sup>2</sup>, 정창구<sup>2</sup>, 손욱성<sup>2</sup>, 임주완<sup>2</sup>, 김효준<sup>1</sup>  
 삼성전자 공과 대학교(SSIT)<sup>1,2</sup>  
 삼성전자 메모리 사업부 제조센터<sup>2</sup>  
 (jungbin.im@samsung.com)

Effective cleaning method of LPCVD by using EPD(end point detect)

Jung Bin Im, Jong-Ho Ha, Changgoo Jung, Wook-Sung Son, Ju-Wan Lim, Hyo-Jun Kim  
 Dept. of semiconductor Engineering, Samsung Institution Technology<sup>1</sup>  
 Memory Division Semiconductor, Business Samsung Electronics co., ltd.<sup>2</sup>  
 (jungbin.im@samsung.com)

## I. 서론

반도체용 박막의 제조는 주로 CVD(chemical vapor deposition)/PVD(physical vapor deposition) 등의 진공 증착법에 의해 이루어지고 있으며 장시간 사용함에 따라 증착 장비 내부에는 증착 물질이 누적된다. 이 누적된 막은 일정 누적량 이상이 되면 스트레스에 의해 증착 막이 장비 벽에서 떨어져 나와 [그림 1]과 같이 웨이퍼 위에 particle 의 원인이 된다. 따라서 증착 누적막을 주기적으로 제거해야 하며 보통  $\text{ClF}_3$  가스를 주입함으로써 식(1)의 반응으로 LPCVD (low pressure chemical vapor deposition) 장비 내 누적 증착 된 막질을 제거 하여 초기화 한다.

하지만 누적막에 따라 작업자가 직접 식각 시간을 입력하다 보니 식각 때마다 과다 식각 또는 식각이 완전이 되지 않는 경우가 발생하고 과다 식각이 될 경우에는 [그림 2]의 tube 자체까지 식각이 되면서 particle 이 발생하게 된다. 또 식각이 되지 않을 경우에는 장비 하단부위에 막질이 존재하면서 재 식각을 하는 불 필요한 작업을 진행 하게 된다. 그래서 지금까지는 누적에 맞는 정확한 식각 시간 및 제조 공정에서의 표준화를 위해 RGA (residual gas analyzer)라는 분석기를 도입하여 장비 내에 반응하여 나오는 가스 입자를 가지고 식각 완료 시점을 확인하려고 시도 되었으나 분석기의 가격과 크기 등의 문제로 반도체 대량 생산을 하는 LPCVD 장비에서는 제한 된다.

본 연구에서는 식각 진행 시 증착 장비 내 온도 변화를 분석하여 식각 완료 시점과 동일한 시점을 찾아내어 RGA 사용 없이 누적에 맞는 정확한 식각 시간 및 제조 공정에서의 식각 표준화에 기여하고자 하였으며 반도체 poly Si 공정에서 평가를 진행 하였다.

.

## II. 실험 방법

[그림 2]는 반도체 제조 LPCVD 장비 구조이다. 장비는 총 5 부분으로 온도를 구분하여 증착막과 식각 가스와의 반응으로 장비 내부의 온도변화를 확인하였다. 반응은 식각 가스인  $\text{ClF}_3$  가스와 막질에 있는 silicon 의 반응으로 식(1) 반응식과 같이  $\text{SiF}_4$  생성으로 일어난다. 그러면서 장비 내 온도가 상승하고 이 온도변화로 장비 내부의 식각 여부를 확인한다.

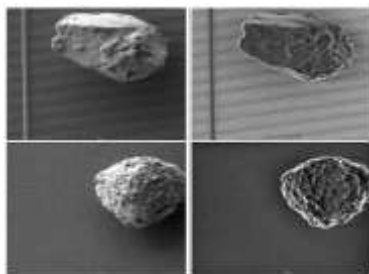


## (1) LPCVD 구조

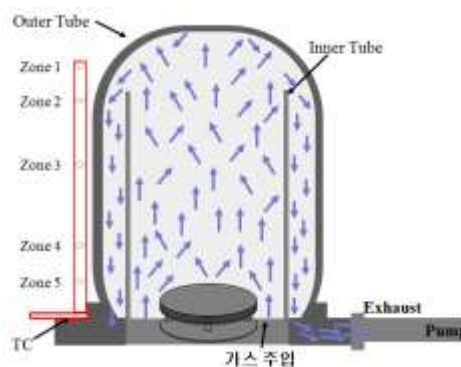
[그림 2]처럼 가스가 주입되어 이동할 수 있는 inner tube 와 진공 형성을 위해 바깥쪽에 있는 outer tube 가 있으며 온도를 확인 할 수 있는 TC(thermocouple) 가 있다. TC 는 총 5 부분으로 나누어 각 위치마다의 온도를 제어 할 수 있으며 outer tube 바깥쪽에 위치한다. 또 가스 주입은 inner tube 아래쪽에서 이루어지며 배출은 inner tube 와 outer tube 사이로 이루어지도록 되어있다. 그러면서 배출되는 가스는 배관을 통하여 pump 로 빠져 나가게 되는 구조로 되어 있다.

### (2) LPCVD 장비 식각 조건

실험을 하기 위해 LPCVD 장비를 저 진공상태인 200 Pa 이하로 만들고 장비 내 온도를 450 °C로 유지 시켜준다. 그 상태에서 RGA 분석기를 장비와 pump 사이에 연결하고 진공 형성을 위해 1 시간 정도 충분히 예열 시킨 후에 식각 가스인  $\text{ClF}_3$  가스를 장비에 주입 한다.



[그림 1] Particle 불량 사진.



[그림 2] LP CVD 장비 구조

### (3) RGA 분석기

RGA(residual gas analyzer)는 잔류가스 분석기로 진공 시스템 안에서 잔류하는 가스를 측정하거나 공정시스템 안의 반응 가스 혹은 생성가스의 변화를 모니터링 하는데 사용 된다. 그래서 RGA 의 응용 분야는 대부분 반도체 제조 공정 진공 시스템에서 사용 된다. 본 실험에서는 식각 가스인  $\text{ClF}_3$  의 변화를 확인하고 식각이 진행 되면서 RGA 분석기로 배출되는 반응 가스  $\text{SiF}_4$  의 종류를 확인한다. 그리고 그 외에 가스 성분들마다 시간이 지남에 따른 변화량을 확인한다. 또한 장비 내 위치에 따른 온도 변화를 확인하여 총 5 부분의 온도 변화가 더 이상 일어나지 않는 시점과 RGA 분석기에서 확인되는 잔류  $\text{SiF}_4$  가스의 양이 없어지는 시점이 동일한 지를 확인한다.

주요 성분인  $\text{SiF}_4$  외에도 식각 가스인  $\text{ClF}_3$  가수도 RGA 분석기에 검출되는 변화량을 확인 하여  $\text{SiF}_4$  와의 연관성을 확인 한다.

마지막으로 RGA 분석기에 나오는 반응 가스와 장비 내 온도 변화가 끝나는 시점이 동일한 지를 확인 한 후에 식각을 멈춘다.

## III. 실험 결과 및 고찰

### (1) 장비 온도 변화와 RGA 분석기의 변화 결과

[그림 3]은 장비 내 식각 시간 별로 온도 변화와 RGA 분석기에 검출된 가스 성분들의 그래프이다. 또한 최초 식각 가스  $\text{ClF}_3$  를 주입하여 반응 하는 부분에 그래프를 일치 시켰다. 먼저 식각 초기 450 °C보다 20~45 °C 이상 상승하며 발열반응을 한다는 것을 확인 할 수 있는데 zone-1 부터 먼저 상승하여 하강하는 시점에 zone-2 가 상승한다.

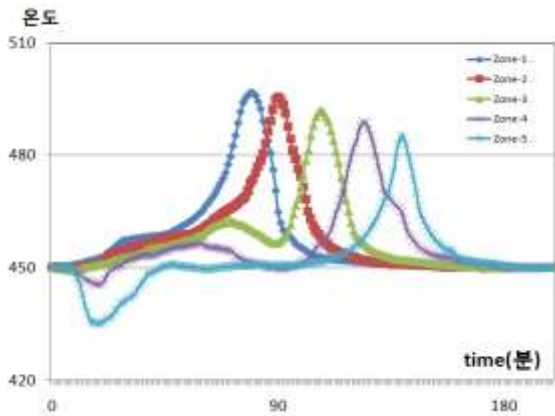
이렇게 점차적으로 온도가 상승하는 것으로 보아 장비 내 윗부분부터 차례대로 식각이 된다는 것을 알 수 있었다.

이후 zone-5 까지 식각이 완료되면 모든 위치의 온도변화가 발생하지 않으면서 식각 초기의 온도로 유지하는 것을 알 수 있었다.

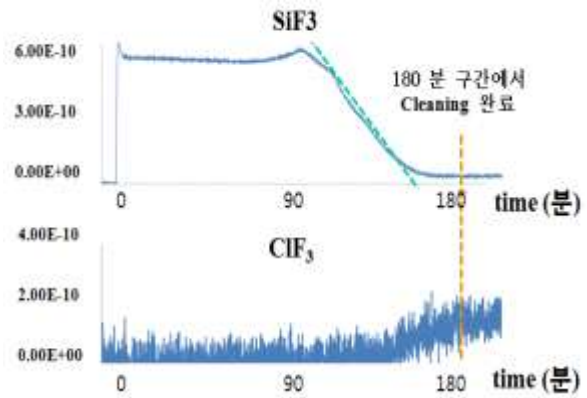
RGA 분석 그래프도 식각 가스  $\text{ClF}_3$  를 주입하는 동시에 막질과의 반응 성분인  $\text{SiF}_3$  가 식각을 하면서 RGA 분석기로 나타나게 되고 이후 약 100 분이 지난 시점까지 계속적으로 검출 되는 것을 알 수 있었다. 그리고 100 분 이후부터 점차적으로 줄어 약 180 분이 지난 시점에  $\text{SiF}_3$  성분이 나오지 않는다는 것을 알 수 있었다. 반대로  $\text{ClF}_3$  가스는 식각 초기에는 검출 되지 않았고 150 분 정도의 시간이 지난 후에 점차적으로 검출 되는 것을 알 수 있으며 약 180 분이 지난 시점에는 일정한 양의  $\text{ClF}_3$  가 검출 되는 것을 알 수 있었다.

이 주요 3 가지의 그래프를 가지고 식각이 되는 반응을 확인 할 수 있으며 약 180 분이 되는 시점에 식각이 완료 되었다는 것을 확인 할 수 있었다.

다시 말해서 식각 완료 시점에 장비 내 온도의 변화와 RGA 분석기의 검출되는 가스의 변화가 일정하게 유지 되면서 그 순간 식각이 완료 된 것을 알 수 있었다..



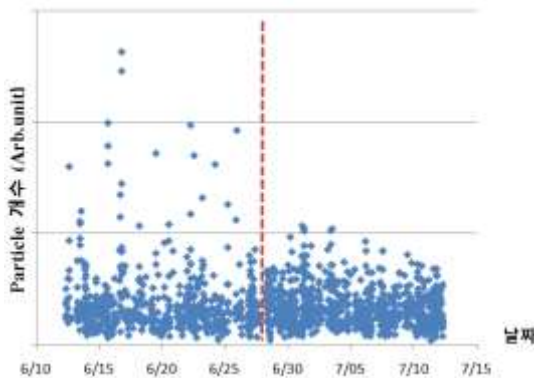
[그림 3] (a) LPCVD 시간 별 온도 변화



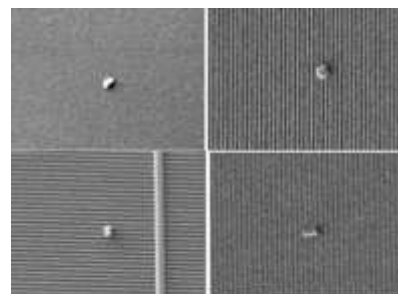
(b) RGA 분석을 통한 가스 변화

반도체 제조 공정에 이 온도의 변화를 이용하여 식각을 진행하였고 [그림 4]와 같이 EPD 적용 후 particle 측면에 점차적으로 양호해지는 그래프를 확인 할 수 있었다.

또한 EPD(end point detect)를 이용한 웨이퍼의 particle 검사에서 식각 전후의 Particle 분석 시에도 [그림 1] 과 비교하였을 때 [그림 4]와 같이 1  $\mu\text{m}$  이하의 작은 크기의 양호한 결과를 얻었다.



[그림 4] (a) EPD 적용 전후 Particle 그래프



(b) EPD 적용 후 Particle 사진

#### IV. 결론

LPCVD 장비 식각 진행 시  $\text{ClF}_3$  식각 가스와 증착 막질과의 반응으로 장비 내 온도 변화를 가지고 식각 EPD 시점을 확인 할 수 있었고 이 EPD 시점을 검증하기 위해 RGA 분석기로 재 증명할 수 있었다.

그리하여 EPD 적용 전 과다 식각에 의한 웨이퍼의 particle 발생과 식각이 되지 않아 재 식각 작업을 하던 문제점을 없앨 수 있었다.

마지막으로 EPD 를 적용으로 웨이퍼 particle 감소에 큰 효과를 얻을 수 있었다.

#### V. 참고 자료

1. Sang Jeen Hong, IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing , Vol.17, 2004
2. Gentsch, D.; Fugel, T. Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, 23rd International Symposium on Vol.1 Page(s): 169 ~172, 2008