

## Post-CMP Cleaning에서 PVA 브러시 오염이 세정 효율에 미치는 영향

### Effect of PVA Brush Contamination on Post-CMP Cleaning Performance

조한철<sup>1</sup>, 유민종<sup>1</sup>, 김석주<sup>2</sup>, 정해도<sup>1,a</sup>

(Hanchul Cho<sup>1</sup>, Minjong Yuh<sup>1</sup>, Sukjoo Kim<sup>2</sup>, and Haedo Jeong<sup>1,a</sup>)

#### Abstract

PVA (polyvinyl alcohol) brush cleaning method is a typical cleaning method for semiconductor cleaning process especially post-CMP cleaning. PVA brush contacts with the wafer surface and abrasive particle, generating the contact rotational torque of the brush, which is the removal mechanism. The brush rotational torque can overcome theoretically the adhesion force generated between the abrasive particle and wafer by zeta potential. However, after CMP (chemical mechanical polishing) process, many particles remained on the wafer because the brush was contaminated in previous post-CMP cleaning step. The abrasive particle on the brush redeposits to the wafer. The level of the brush contamination increased according to the cleaning run time. After cleaning the brush, the level of wafer contamination dramatically decreased. Therefore, the brush cleanliness effect on the cleaning performance and it is important for the brush to be maintained clearly.

**Key Words** : PVA brush, Post-CMP cleaning, Zeta potential, Brush contamination

#### 1. 서 론

반도체 공정에서 세정공정은 매 공정 전후에 수행되어 지고 있으며, 반도체 수율에 직접적인 영향을 미치기 때문에 그 중요성이 매우 크다. 반도체가 고집적화, 다층화 구조가 됨에 따라 그 중요성은 계속 커지고 있다[1-4]. 반도체 공정에서 오염원은 공정 환경에 의한 오염과 공정 중 발생하는 오염으로 크게 나눌 수 있으며, 오염물은 자연산화막, 유기 오염물, 연마 입자, 금속 이온 그리고 대기먼지 등으로 구분되어 진다. 공정에 의한 오염물로 대표되는 연마입자는 화학기계적 연마 (chemical mechanical polishing) 공정에 이용된 후 웨이퍼 표면에 잔류하게 되며 후속 공정에 영향을 미치게

된다. 위와 같은 이유로 연마 공정 이후의 세정공정은 매우 중요하다[5].

세정공정은 방식에 따라 건식세정과 습식세정으로 크게 나눌 수 있으며, 세정 순서에 따라 Pre Cleaning 과 Post Cleaning 으로 나눌 수 있다. Pre cleaning은 공정 전에 적용되는 세정으로 이후 공정의 특성이 잘 나타나도록 함에 그 목적이 있다. Pre cleaning은 CVD 공정과 Furnace 공정에 대표적으로 적용 되어 진다. Post cleaning은 공정 이후에 발생하는 오염물을 제거 하는 것으로 일반적으로 습식 공정이후, CMP 공정 이후 적용되어 진다.

PVA 브러시는 Post-CMP cleaning에 대표적으로 적용되어 지는 방법 중 하나이다[6]. PVA 브러시는 open-cell의 다공질 체로써 자신의 무게의 약 12~18배의 흡수력을 가지고 있다. 또한 정전기 발생이 거의 없고, 섬유질이나 먼지 발생이 없다. 내약품성이 우수해 세정액과 같이 사용할 수 있는 특징을 가지고 있다[7]. 그러나 브러시 접촉에 의해 연마입자가 제거되는 브러시 세정은 브러시 오

1. 부산대학교 기계공학부

(부산시 금정구 장전동 산 30)

2. (주) 테크노세미켄

a. Corresponding Author : hdjeong@pusan.ac.kr

접수일자 : 2008. 8. 19

1차 심사 : 2008. 11. 19

심사완료 : 2009. 1. 22

염이나, 제타전위의 극성이나 의해 제거된 연마입자가 웨이퍼로 재부착 될 위험성을 내포하고 있다.

본 연구에서는 웨이퍼상에 연마 입자를 PVA 브러시로 제거하는 제거 메커니즘과, 반복되는 세정 공정에서 발생하는 브러시 오염이 세정효율에 미치는 영향에 관하여 알아보았다.

## 2. 입자제거 이론

PVA 브러시의 접촉에 의한 연마 입자 제거 메커니즘은 그림 1과 같다. PVA 접촉과 회전에 의해 발생하는 제거 모멘트는 브러시의 속도와 일률의 함수로 식(1)과 같이 표현되어진다. 그림 1의 메커니즘과 같이 브러시 모멘트에 의한 제거 모멘트와 입자와 웨이퍼 사이에 발생하는 전기 이중층에 의한 모멘트의 합이 입자를 제거하는 모멘트로 작용한다. 입자와 웨이퍼 사이에 발생하는 흡착 저항 모멘트는 흡착력과 거리  $a$ 의 곱으로 나타낼 수 있다. 입자제거 모멘트와 흡착 저항 모멘트의 비율을 나타내는 RM은 식(2)처럼 표현되며, RM은 약  $10^{15}$ 의 매우 값을 가지며, 입자를 제거하기에 충분하다[7].

$$M_r = \frac{I_b}{w_b} \quad (1)$$

$$RM = \frac{\text{입자 제거 모멘트}}{\text{흡착 저항모멘트}} = \frac{\frac{I_b}{w_b} + F_{el} \cdot a}{F_a \cdot a} \quad (2)$$

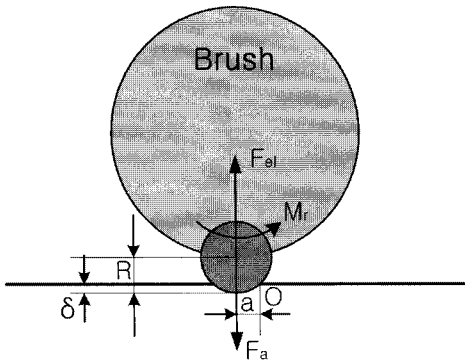


그림 1. 접촉모드에서 입자 구름 제거 원리.

Fig. 1. Full-contact particle rolling removal mechanism.

PVA 브러시 함께 사용되는 세정액은 재부착 방지를 위해 연마입자와 웨이퍼 사이에 같은 극성의 제타전위를 가지도록 만들어 준다. 그림 2와 같이 브러시와 웨이퍼 사이에는 척력이 발생하여 연마 입자 제거에 도움을 주고 재부착을 방지하게 된다. 그러나 그림 3처럼 입자와 웨이퍼가 같은 극성의 제타 전위를 가지게 되면 인력이 발생하게 되고, 발생되어진 인력에 의해 재부착이 발생하게 된다. 재부착의 가능성은 곧 세정의 효율에 직접적인 영향을 미치게 된다.

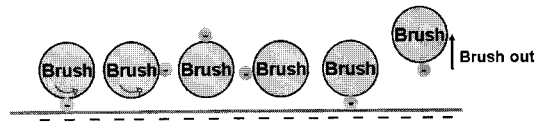


그림 2. 제타전위에 의한 재부착 방지 원리.

Fig. 2. Protection mechanism of re-adhesion in case of same polarity of zeta potential.

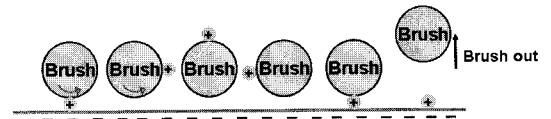


그림 3. 제타전위에 의한 재부착 원리.

Fig. 3. Re-adhesion mechanism in case of different polarity of zeta potential.

## 3. 실험

### 3.1 실험장치

화학기계적 연마 (CMP)를 위해 GnP Technology (주)사의 Poli-500 (G&P Technology Inc.)을 사용하였다. 웨이퍼는 8" PETEOS (Plasma Enhanced Tetraethylorthosilicate) 웨이퍼를 사용하였고, 모든 웨이퍼에 동일한 연마조건이 적용되었다. 웨이퍼 세정은 Cleaner 428 (G&P Technology Inc.)을 사용하였고 Cleaner 428는 그림 4와 같다.

Cleaner 428은 4단계의 세정 공정을 가지고 있다. 첫 번째 단계에서는 연마된 웨이퍼의 표면이 건조되는 것을 방지하고 슬러리를 일차적으로 제거하기 위하여 탈 이온수가 웨이퍼 표면에 공급되어진다. 두 번째 세 번째 단계에서는 브러시가 접촉하여 웨이퍼 표면을 문지르고 동시에 세정액이

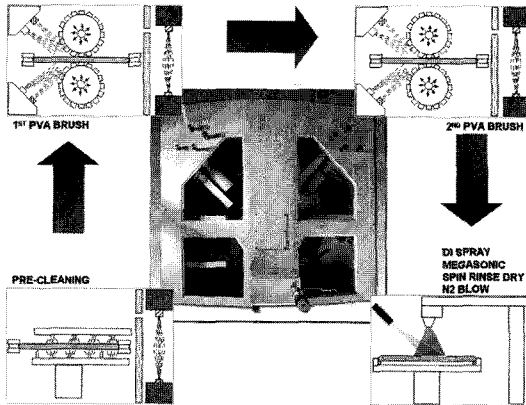


그림 4. Cleaner 428 (GnP Tech. Co.).  
 Fig. 4. Cleaner 428 (GnP Tech. Co.).

공급되어 진다. 세정액은 제타 전위 조절을 위하여 pH 농도 12를 가지는 1 wt% 암모늄을 사용하였다. 마지막 단계에서는 탈 이온수의 세정과 동시에 메가소닉 세정이 적용된다. 웨이퍼 건조를 위해 순도 99.9 %의 질소가 분사되며 동시에 웨이퍼가 2000 rpm으로 회전하게 된다. 모든 단계에서 공정 시간을 조절할 수 있으며 조건은 표 1과 같다.

표 1. 세정조건.

Table 1. Cleaning condition.

Parameter	Condition
Wafer	8" PETEOS
Brush contact mode	Contact
Pre-cleaning time (sec)	15
Brush scrubbing time (sec)	20
Megasonic cycle	3
Spin dry speed (rpm)	2000
Spin dry time (sec)	60

### 3.2 실험방법

반복적인 세정공정이 브러시를 오염시키고 오염되어진 브러시와 세정 효율과의 관계를 알아보기 위하여 다음과 같이 실험을 진행하였다. 우선, 10장의 웨이퍼를 CMP 공정 이후 세정공정을 실시하였고 이후 4장의 웨이퍼의 세정 결과를 획득하였다. 이후 브러시를 DIW Bath에서 충분히 세척한 후 3장의 웨이퍼의 세정 결과를 획득하였다. 세정공정에 따른 브러시 오염의 증가 여부를 확인하기

위하여 사용하지 않은 브러시와 10번의 세정공정, 20번의 세정공정에 사용되어진 브러시의 표면을 관찰 하였다.

웨이퍼의 오염 수준을 파악하기 위하여 KLA사의 Candela CS10 surface analyzer가 사용되었으며, 웨이퍼와 입자사이에 제타 전위를 측정하기 위하여 Otsuka Electronics사의 zeta potential analyzer ELS-8000을 사용하였다. FESEM (field emission scanning electron microscope)을 이용하여 입자에 의한 브러시 오염 수준을 확인하였다.

## 4. 결과 및 고찰

연마입자의 재부착에 의한 세정 효율 저감 원인 중 하나인 제타전위의 극성차이를 측정하였다. 연마 시 사용되어진 colloidal silica 입자와 PETEOS wafer의 제타전위를 pH 12의 세정용액에서 측정하였다. PETEOS의 표면 제타전위 값은 -74.06 mV 이며, colloidal silica의 제타전위 값은 -33.36 mV로 두 물질 사이에는 척력이 발생함을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 앞장에서 설명한 제타전위에 의한 재부착 현상은 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

PVA 브러시 세정이 반복됨에 따른 세정효율의 변화를 측정하기 브러시 세척 공정 없이 10번의 웨이퍼 세정을 마친 이후 4번의 세정공정 이후에 웨이퍼에 남아 있는 오염정도를 측정하였다. 사용된 슬러리의 연마입자 지름 120 nm를 고려하여 측정 범위를 100 nm~2 um까지 설정하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 브러시의 세척 없이 진행된 세정공정 이후에는 웨이퍼 위에 잔류하는 연마입자가 1700개에서 4000이상으로 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 5는 세정공정이 진행됨에 따른 브러시 오염을 확인하고 브러시 오염수준을 알아보기 위하여 FESEM을 이용하여 브러시 표면을 관찰한 사진이다. 6(a)에서 보는 바와 같이 사용전의 브러시 표면은 연마입자에 의한 오염이 전혀 없이 깨끗한 상태이다. 6(b)와 (c)는 10번, 20번 세정공정 이후의 브러시 표면이다. 보는 것처럼 브러시 표면에 많은 연마입자가 남아 있음을 알 수 있으며, 또한 브러시에 있는 미세 구멍에도 많은 연마입자가 오염물로써 존재함을 확인할 수 있다. 6(d)는 브러시를 세척한 후 브러시 표면이다. 그림과 같이 (b)와 (c)에 비하여 매우 깨끗한 상태임을 알 수 있으며, 사용전의 표면인 (a)와 비교하여도 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

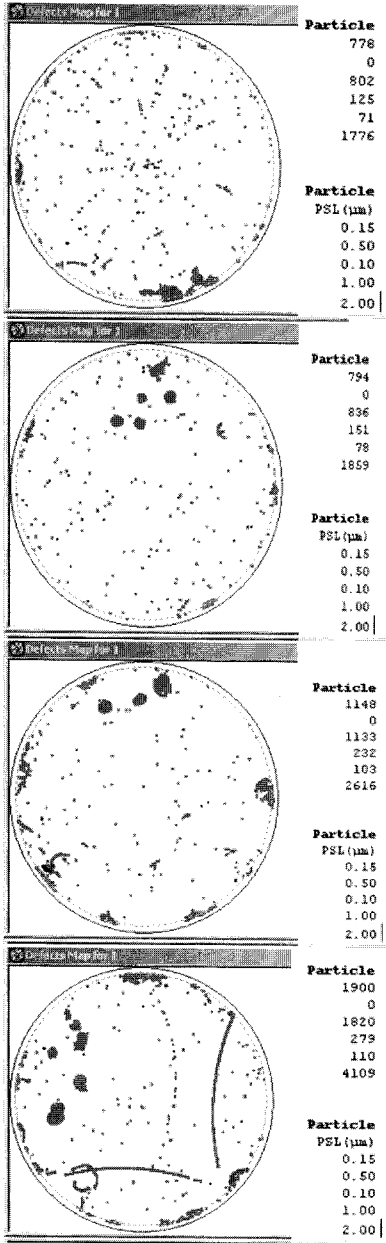


그림 5. 세정공정 진행에 따른 오염수준 변화.  
 Fig. 5. Change of contamination level of wafer according to cleaning process.

그림 7은 DIW Bath에서 브러시를 세척한 이후 세정공정을 진행한 결과이다. 공정과 공정사이에는 브러시 세척을 실시하였고, 모든 조건은 앞선 실험에서 사용한 조건과 동일하다. 오염 수준은 약 200~400개 정도로 앞선 세정 공정 결과의 1/10 수준

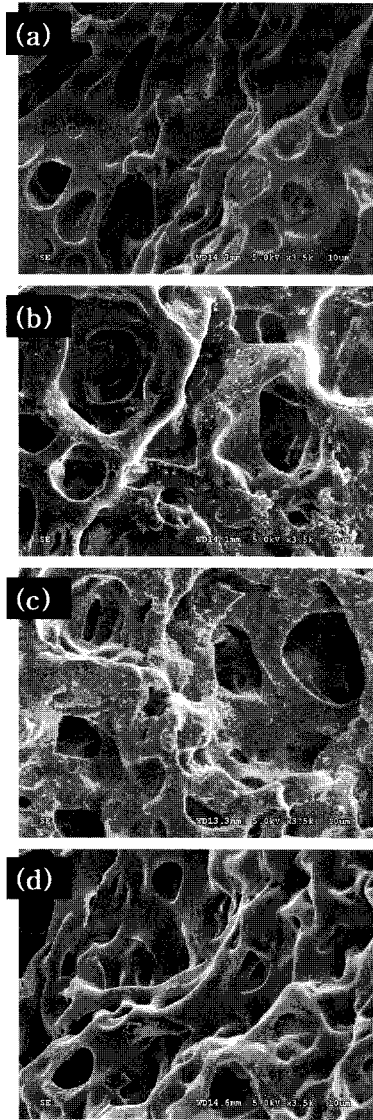


그림 6. (a) 사용 전 브러시 표면. (b) 세정공정 10번 이후의 브러시 표면. (c) 세정공정 20번 이후의 브러시 표면.(d) 브러시 세척 후 브러시 표면.

Fig. 6. (a) SEM image of the new brush surface. (b) SEM image of the brush surface after 10 cleaning run times. (c) SEM image of the brush surface after 20 cleaning run times. (d) SEM image of the brush surface after cleaning brush.

으로 세정 효율이 매우 크게 향상됨을 알 수 있다. 결론적으로 브러시의 오염도가 증가함에 따라 세

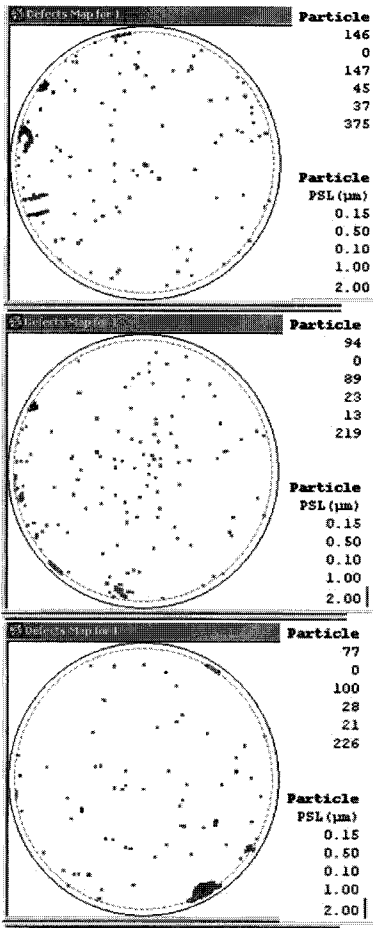


그림 7. 브러시 세척공정 이후 오염수준.  
 Fig. 7. Contamination level of wafer after cleaning brush.

부착 현상이 증가하며, 제거 효율이 떨어지는 것을 확인 할 수 있다.

### 5. 결 론

Post-CMP cleaning에 널리 사용되고 있는 PVA 브러시의 연마 제거 메커니즘과 브러시 오염에 의한 세정 효율 저감에 관한 연구를 수행하였다. 브러시의 회전 모멘트에 비해 입자의 흡착 모멘트는 매우 작은 값을 가지며, 회전 모멘트에 의해 쉽게 제거되어 짐을 알 수 있었다. 웨이퍼 표면과 입자 사이에 제타 전위를 측정하여 전기 이중층에 의해 발생하는 인력에 의한 재 오염은 발생하지

않는 것을 알 수 있었다. 그러나 세정 공정이 진행됨에 따라 세정 효율이 떨어지는 현상을 발견할 수 있었다. 이는 세정공정이 진행됨에 따라 브러시의 오염도가 증가하였고, 브러시의 오염이 증가 할수록 재부착 될 가능성이 높아지며, 결론적으로 세정 효율에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 브러시 세척이후의 잔류하는 입자의 개수는 세척 이전의 결과의 1/10에 해당하는 값으로 매우 높은 세정 효율을 가짐을 알 수 있다. 본 연구를 통하여 세정 공정이 반복 진행됨에 따라 발생하는 오염도를 낮게 유지하는 것이 세정효율을 유지하는데 매우 중요한 요소임을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-01001-0) 지원으로 수행되었음.

### 참고 문헌

- [1] Amick J. A., "Cleanliness and the cleaning of silicon wafers", Solid State Technol., Vol. 19, p. 47, 1976.
- [2] Heroux J. B., S. Boughaba, and E. Sacher, "CO<sub>2</sub> laser-assisted removal of submicron particles from solid surfaces", Journal of Applied Physics, Vol. 79, p. 2857, 1996.
- [3] Kern W., "The evolution of silicon wafer cleaning technology", Journal of Electrochemical Society, Vol. 137, p. 1887, 1990.
- [4] 이우선, "Non-contact post-CMP cleaning에 대한 평가와 기존 scrubbing cleaning과의 비교", 전기전자재료, 12권, 10호, p. 35, 1999.
- [5] 박래학, "CMP post cleaning", 전기전자재료, 12권, 10호, p. 29, 1999.
- [6] S. Wolf and R. N. Tauber, "Silicon processing for the VLSI Era", 2nd ed: Lattice Press, Process Technology, Vol. 1, p. 125, 2000.
- [7] www.burshtek.co.kr
- [8] A. A. Busnaina, H. Lin, N. Moumen, J.-W. Feng, and J. Taylor, "Particle adhesion and removal mechanism in Post-CMP cleaning processes", IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 15, No. 4, p. 374, 2002.