

레이저 유기 충격파를 이용한 실리콘 웨이퍼 표면 클리닝

Surface cleaning of silicon wafers using laser-induced shock waves

(주)아이엠티 레이저ENG그룹 이종명, 조성호
한양대학교 금속재료공학과 박진구

I. 서론

VLSI 제조 공정에 있어서 웨이퍼 클리닝 공정의 중요성이 부각되고 있다. 이는 웨이퍼 표면에 존재하는 금속, 입자 등과 같은 오염물질이 디바이스의 성능 및 수율(yield)에 지대한 영향을 미치기 때문이다. 일반적인 반도체 웨이퍼 클리닝 방법으로는 화학 용매(chemicals)와 초순수(deionized water)의 혼합액을 사용하는 RCA 습식 클리닝(wet cleaning) 방법이 사용되고 있다. 그러나 다량의 유독성 화학 약품과 물의 사용에 따른 환경 문제 및 높은 유지비용, 거대한 장비 사이즈에 의한 footprint의 증가 및 장비 clustering의 어려움, 열악한 작업 환경, 구리 및 저유전막(low-k dielectrics) 등과 같은 신소재에 대한 부적합성 등과 같은 많은 단점들이 노출되고 있다.[1] 이와 같은 기존의 습식 클리닝 방법의 단점을 근본적으로 극복하고자 건식 클리닝(dry cleaning) 방법에 대한 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다.[2,3]

본 논문에서 레이저 유기 충격파 클리닝(laser-induced shock cleaning)이라는 기술을 소개하고, 기존 레이저 클리닝과의 차이점 및 웨이퍼 클리닝 목적으로의 적용 가능성에 대해 논의해 보겠다.

II. 레이저 유기 충격파 클리닝

Fig. 1은 레이저 유기 충격파 클리닝을 도식화한 그림이다. 매우 강력한 레이저 펄스를 클리닝하고자 하는 작업물 상부 공기 중에 집속 시키면, 공기중의 입자들(주로 N_2 , O_2)들은 강력한 레이저 빔의 전자기장에 의해 breakdown이 일어나 이온화되며, 강력한 플라즈마를 발생한다. 이때 순간적인 플라즈마 팽창에 의해 충격파가 발생하며 사방으로 전파하게 된다. 만일 발생 플라즈마 충격 강도가 작업물 위의 오염 입자들의 접촉강도 보다 크면 오염물의 탈착(detachment)이 일어나는데, 이를 "레이저 유기 충격파 클리닝"이라고 한다.[4,5] (상기 기술 및 공정에 관한 원천특허를 당사가 보유)

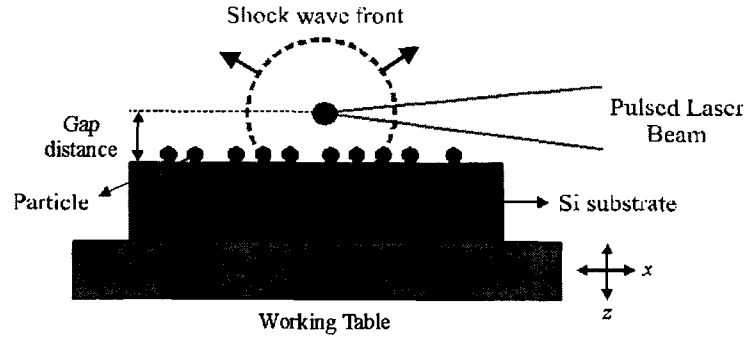


Fig. 1. A schematic illustration of laser-induced shock cleaning

III. 시료 및 실험 방법

레이저 유기 충격파를 이용한 웨이퍼 클리닝 목적으로의 적용 가능성을 알아보기 위해 실리콘 웨이퍼 위에 미소 파티클을 도포한 후 클리닝 성능을 평가하였다. 4 인치 p-type 실리콘 웨이퍼 (LG-Siltron Co.) 위에 미소 파티클 입자로 지름 $0.05\ \mu\text{m}$ γ -alumina 입자(Buhler Co.)를 에어 스프레이 방식으로 도포 하였다. Nd:YAG 레이저를 사용하여 청정도 Class 10 환경에서 클리닝 실험을 수행하였으며, KLA-Tencor Surfscan 5500을 사용하여 클리닝 전-후의 입자 수를 측정하여, 클리닝 성능을 평가하였다.

IV. 결과 및 고찰

Fig. 2는 레이저 유기 충격파를 이용해 웨이퍼 클리닝을 수행하기 전-후의 모습을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 웨이퍼 표면에 도포된 극미소 alumina 입자들이 성공적으로 제거되었음을 알 수 있다. 클리닝 전후를 Surface scanner로 측정한 결과 오염 입자 제거 효율이 약 98 % 이상이 되었다.

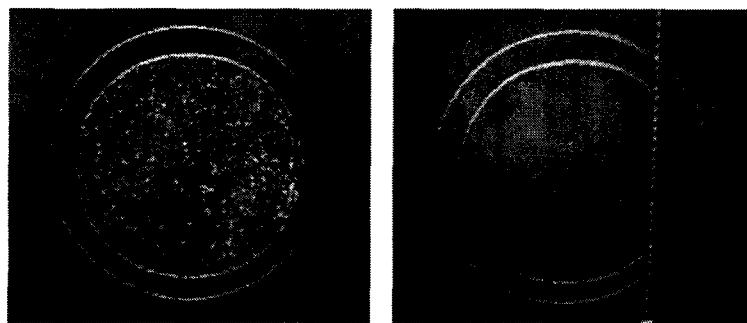


Fig. 2. Silicon wafers surfaces before and after laser-induced shock cleaning (Surfscan

5500)

Fig. 3은 오염 입자의 크기에 따른 제거율(removal efficiency)을 정량적으로 표시한 결과이다. 즉 입자 크기를 0.2~1.0 μm , 1.0~2.5 μm , 2.5~10.0 μm 영역으로 나누어 평가되었다. 분석 결과 2.5~10.0 μm 영역에서 제거율은 약 99.9%, 1.0~2.5 μm 영역에서 제거율은 약 99.1%, 0.2~1.0 μm 영역에서 제거율은 약 97.0%로 나타났다. 결과적으로 입자 크기가 감소할수록 클리닝 효율이 감소하였다. 이는 입자가 웨이퍼 표면에 붙어 있는 접착력(adhesion force: Van der Waals force in this case)이 입자 크기가 감소할수록 증가함에 기인한다고 사료된다.

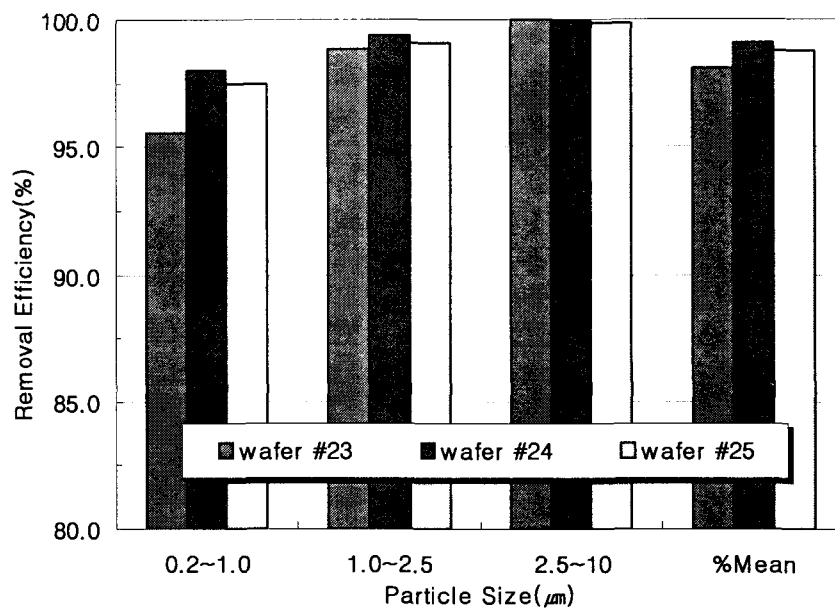


Fig. 3. The removal efficiency for the different particle sizes

V. 결론

레이저 유기 충격파의 원리 및 실리콘 웨이퍼 클리닝 목적으로 적용 가능성을 살펴보았다. 기존 UV 레이저 클리닝 방법과 비교해 완전히 다른 개념의 클리닝 방법으로 많은 독특한 특성들을 가지고 있다. 실리콘 웨이퍼 위에 미소 파티클을 도포 한후 클리닝을 수행한 결과 약 95 % 이상의 제거율을 보여 주었다. 또한 제거율은 표면 위 입자 크기에 따라 달라짐을 알 수 있었다.

VI. 참고 문헌

1. 이종명, 조성호, "차세대 반도체 표면 클리닝 기술들의 특성 및 전망", 레이저가공학회지 4

(3), pp. 22–29 (2001)

2. J. M. Lee, C. Curran, K. G. Watkins, "Laser removal of copper particles from silicon wafers using UV, visible and IR radiation", *Applied Physics A* 73 (2), pp. 219–224 (2001)
3. J. F. Weygand, N. Narayanswami, D. J. Syverson, "Cleaning silicon wafers with an argon/nitrogen cryogenic aerosol process", Technical report, FSI International Inc. (Aug. 1997)
4. J. M. Lee and K. G. Watkins, "Removal of small particles on silicon wafer by laser-induced airborne plasma shock wave", *Journal of Applied Physics* 89 (11), pp. 6496–6500 (2001)
5. J. M. Lee, K. G. Watkins, W. M. Steen, "Surface cleaning of silicon wafer by laser sparking", *Journal of Laser Applications* 13 (4), pp. 154–158 (2001)