

## 수직 웨이퍼상의 입자 침착속도의 측정

### Measurement of Particle Deposition Velocity Toward a Vertical Wafer Surface

배 귀 남,\* 이 춘 식,\* 박 승 오,\*\* 안 강 호\*\*\*

G. N. Bae, C. S. Lee, S. O. Park, K. H. Ahn

**Key words :** Particle Deposition Velocity(입자 침착속도), Vertical Wafer(수직 웨이퍼), Convective Diffusion(대류확산)

#### Abstract

The average particle deposition velocity toward a vertical wafer surface in a vertical air-flow chamber was measured by a wafer surface scanner(PMS Model SAS-3600). Polystyrene latex(PSL) spheres with diameters between 0.3 and 0.8 $\mu$ m were used. To examine the effect of the airflow velocity on the deposition velocity, experiments were conducted for three vertical airflow velocities : 20, 30, 50cm/s. Experimental data of particle deposition velocity were compared with those given by prediction model suggested by Liu and Ahn (1987).

#### 1. 서 론

1980년대 이후 반도체 산업의 급성장으로 인해 반도체 제조공정에서의 오염제어가 중요한 문제로 취급되기 시작하면서 미립자에 관한 연구가 활발히 수행되었다. 반도체 칩의 집적도가 증가함에 따라 제어해야 할 입경도 더욱 작아지고 오염원으로 인식되는 대상도 더욱 확대되었다. 즉, 제조환경인 청정 공간, 작업자 뿐만 아니라 공정용 가스,약품, 초순수 및 감압 상태의 제조장비내 등이 오염원으로 시복되고 있다. 이러한 오염원으로부터 발생된 입자가 제조공정 중에 웨이퍼상에 부착되면 칩의 불량률을 초래하여 생산 수율을 떨어뜨리게 된다. 그

러므로, 오염원을 일정 수준 이하로 제어하기 위해서는 오염원의 특성이 웨이퍼상의 입자침착에 미치는 영향을 정량적으로 파악할 필요가 있다.

Fig.1에 나타난 바와 같이 클린룸 내에서 웨이퍼가 위치한 환경은 크게 3가지로 구분할 수 있다.<sup>1)</sup> 지금까지 수행된 연구들을 살펴보면, 수직 기류하에 웨이퍼가 수평으로 놓인 경우(Fig.1(a))에 대하여 기류속도, 입경, 정전기, 웨이퍼와 주위 공기와의 온도차 등이 웨이퍼상의 입자침착에 미치는 영향에 관한 연구가 대부분을 차지하고 있다.<sup>2,3,4)</sup> 수직 기류하에 웨이퍼가 수직으로 놓인 경우(Fig.1(b))에 대한 실험적인 연구는 Hayakawa 등(1986)과 Otani 등(1989)에 의해 수행되었고,<sup>5,6)</sup> 이론적인 연구는 Liu와 Ahn(1987)에 의해 수행되었다.<sup>7)</sup> Hayakawa 등은 레이저를 사용하여 원격으로 측정하는 화상처리장치(image processing system)를 사용하여 웨이퍼상의 일정 면적(1cm<sup>2</sup>)

\* 정회원, 한국과학기술연구원 기전연구부

\*\* 정회원, 한국과학기술원 항공우주공학과

\*\*\* 정회원, 한양대학교 기계공학과

에 대한 입자의 평균 침착속도를 측정하였다. 이들의 실험 데이터는 매우 적고, 정전기 등의 실험조건이 제어되지 않아 이들이 구한 실험값의 경향에 일관성이 부족하였다.<sup>2)</sup> Otani 등은 fluorometry 방법을 사용하여 입경이  $0.03 \sim 0.2 \mu\text{m}$  범위인 입자의 평균 침착속도를 측정하였다. Fluorometry 방법을 사용함에 따라 실험 시간이 길어 이들이 얻은 실험 데이터는 많지 않고, 실험 데이터는 대체로 예측 모델에 의한 예측값과 유사한 경향을 보이지만, 실험 데이터 중에는 예측값과 상당한 편차를 보이는 데이터가 있다. 이와 같이 실험적인 연구가 많이 되어 있지 않고, 실험 데이터의 신뢰 범위에도 의문이 남아 있다.

따라서, 본 연구에서는 수직 기류하에 웨이퍼가 수직으로 놓여 있을 때  $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$  범위인 PSL (polystyrene latex) 입자의 평균 침착속도를 wafer surface scanner(PMS Model SAS-3600)를 사용하여 측정하였다. 이때 기류속도를 20, 30, 50cm/s로 변화시켜 입자침착챔버 내의 기류 특성을 살펴보고, 기류속도가 입자 침착속도에 미치는 영향도 고찰하였다. 또한, 입자 침착속도의 측정값을 Liu와 Ahn(1987)의 예측모델에 의해 구한 값과 비교하였다.

## 2. 실험

웨이퍼 상부의 유속분포를 균일하게 만들어 주기 위하여 Fig.2와 같은 입자침착챔버를 제작하였다. 침착챔버 내의 유속 특성을 살펴보기 위하여 3차원 초음파 풍속계(Kaijo Denki Co., Ltd Model WA-395)를 사용하여 유속을 측정하였다. 클린룸 내 유속은 매우 저속으로 Pui 등(1991)의 주파수 분석 실험결과에 의하면 주된 주파수는  $1 \sim 3\text{Hz}$ 이므로,<sup>8)</sup> 본 실험에서는 평균 유속과 난류강도의 반복성을 고려하여 6Hz의 샘플링 간격으로 1분 동안 측정하여 평균 유속과 난류강도를 구하였다. 여기서, 난류강도는 RMS(root mean square) 유속을 평균 유속으로 나누어 백분율로 나타낸 것이다.

입자침착챔버내 설정 유속( $u$ )이 20, 30, 50cm/s인 경우에 대한 평균 유속분포를 Fig.3에 나타냈다. 그림에서  $H$ 는 ULPA(ultra low penetration air) 필터로부터의 하방거리이다. Fig.3으로부터

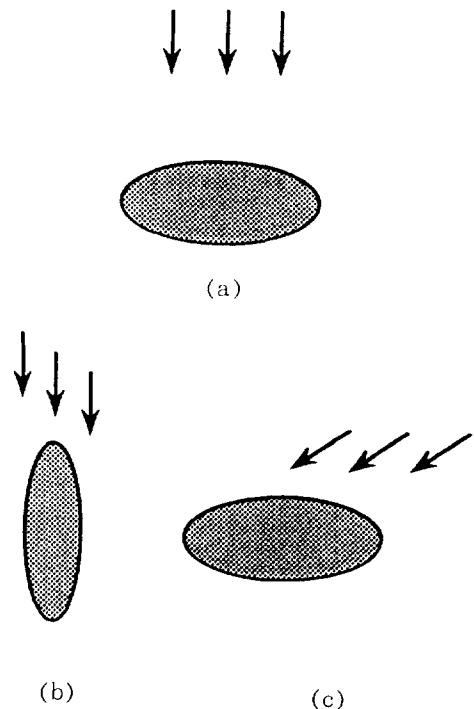


Fig.1 Schematic diagram showing (a) horizontal wafer in vertical airflow, (b) vertical wafer in vertical airflow and (c) horizontal wafer in horizontal airflow

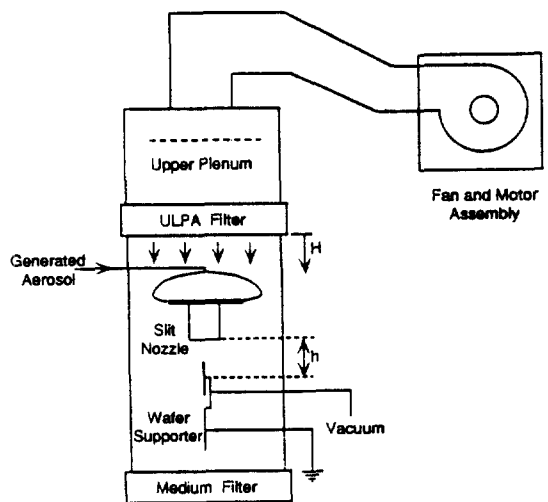


Fig.2 Schematic diagram of particle deposition chamber