

# 반도체 클린룸용 에어와셔 시스템의 성능개선을 위한 연구

박상태 · 유경훈<sup>†</sup> · 손승우\*

## A Study on the Performance Improvement of the Air Washer System for Semiconductor Manufacturing Clean Rooms

Sang-Tae Park, Kyung-Hoon Yoo, Seung-Woo Son

**Key Words:** Air Washer(에어와셔), Gas Removal Efficiency(가스 제거 효율), Water Vaper Consensation(수증기 응축)

### Abstract

In recent semiconductor manufacturing clean rooms, air washers are used to remove airborne gaseous contaminants such as NH<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub> and organic gases from the outdoor air introduced into clean room. In the present study, an experiment was carried out to examine the improvement of removal efficiency for the gaseous contaminants. In order to improve the gas removal efficiency, a hot water contact heat exchanger was installed upstream of the air washer to heat and humidify the incoming outdoor air before entering the air washer.

#### 기호설명

L/G :액기비(물분무량/공기유량)

$\eta_{gas}$  : 가스제거율(%)

$C_{inlet}$  :에어와셔의 입구의 가스농도(ppm)

$C_{outlet}$  :에어와셔의 출구의 가스농도(ppm)

$T_w$  :물 분무 온도(°C)

### 1. 서 론

최근 반도체 공장, 바이오 테크놀러지 분야등의 클린룸 시스템에서는 공기 중의 가스상 오염물(SOX, NOX, NH<sub>3</sub>)에 의한 영향을 제품의 Yield가 저하되는 것을 방지하기 위해 케미컬 필터와 에어와셔(air washer)를 공조 계통에 장착해 운전하고 있다. 이러한 오염물은 건축내장재, 기계 및

장재, 도입외기 등으로부터 클린룸에 침입, 확산해 실내의 가스 농도를 상승시키고 있다. 오염물 중 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> 가스성분은 도입외기에 많이 포함되어 이것들이 외기로부터 클린룸에 침입하는 것을 방지하기 위하여 외기처리 공조기에 가스상 오염물 제거필터(이하 케미컬 필터)를 장착하고 있다. 또한 클린룸 내에서 발생하는 오염 가스 성분을 제거하기 위해, 클린룸내 순환 공조기에도 케미컬필터가 장착되어 실내 공기의 청정화를 실시하고 있다. 이러한 케미컬 필터는 고가이고 그 수명이 짧은 단점이 있다. 이러한 이유로 외조 공조기(외조기)로 도입되는 외기중의 화학오염 물질의 제거를 위하여 외기의 전처리로서 종래의 가습수단으로 사용되어온 에어와셔가 주목 받고 있어 케미컬 필터의 대체용 공기정화시스템 내지는 케미컬 필터의 장기 수명연장 등의 해결책으로 대응 할 수 있는 고 효율의 에어와셔 시스템의 개발이 요구되고 있다. 현재 사용되고 있는 Air washer는 도입외기의 가스성분을 제거하기 위해 많은 액기비(L/G)로 물분무를 하여 외기의 Gas 오염물을 제거하는 system이 고안되어 연구가 보고 되고 있다.<sup>(1)</sup>

<sup>†</sup> 정회원, 한국생산기술연구원

E-mail :khyoo@kitech.re.kr

TEL : (041)589-8354 FAX : (041)589-8634

\* (주)성림피에스

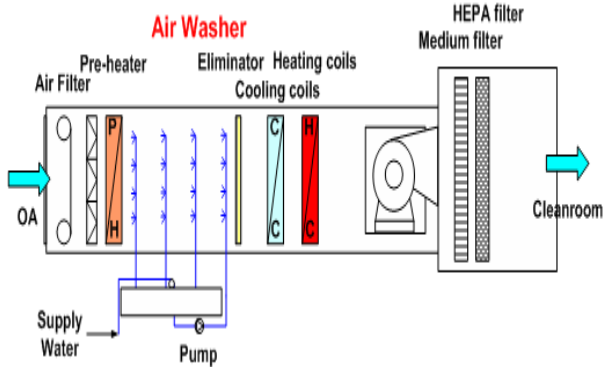


Fig. 1 Schematic diagram of the present experimental apparatus for air washer.

본 연구의 목적은 외기처리 수단으로 에어와셔 (air washer)를 설치하되 그 가스제거율을 향상시키기 위한 방법으로 에어와셔의 전단부에 온수 접촉 열교환기(Hot water contact heat exchanger)를 투입하여 유입된 외기에 1차로 가열 가습을 행하고 2차로 에어와셔에서 냉각 응축시켜 줌으로써 노즐에서 분무된 물 미스트(mist)외에 수증기 응축의 부가적인 제거효과에 의한 화학가스오염물의 제거율을 알아보려고 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

Fig. 1은 일반적으로 사용되고 있는 반도체 클린룸용 에어와셔에 대한 시스템 개략도이다. 외기(OA)가 도입되면 에어필터를 통과한 후 에어와셔부를 거쳐 가스를 제거하는 장치로써 현재 일반적으로 널리 사용되고 있는 외기공조기라고 할 수 있다.

이에 반해, 본 연구에 사용된 고효율 가스제거

Table 1 Condition of apparatus

Data acquisition system	ALMEMO-MA5990-2
Temperature sensor	Pt 100 ( $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ) -20 to $+80^\circ\text{C}$
Temp&Humid sensor	/5~98RH 0 to 100% r.H.
Accuracy	$\pm 2\%$ r.H. at nominal temperature
Reproducibility	$< 1\%$ r.H at nominal temperature

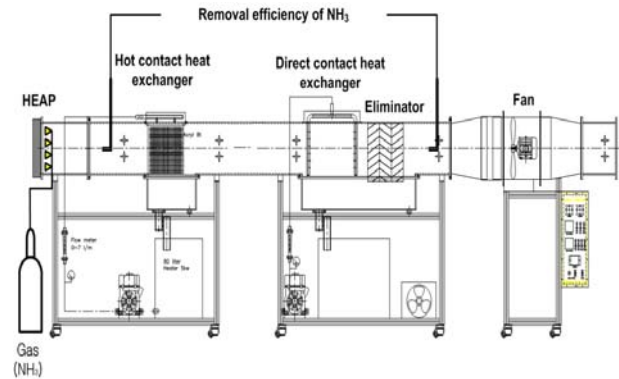


Fig. 2 Schematic diagram of the present experimental apparatus for heat recovery air washer.

실험장치의 개략도를 Fig. 2에 나타내었다. 본 연구에 사용된 실험 장치는 크게 시험용 챔버와 가스 발생장치, 온수접촉 열교환기, 냉각장치를 통한 저온의 온도로 물분무를 하는 에어와셔장치, 각종 센서류 및 계측시스템 등으로 구성된다. 온수접촉 열교환기는 일정온도의 온수를 공급하는 장치로서 외기를 통해 들어온 공기를 가열·가습하는 장치이며, 에어와셔장치는 도입외기를 냉각 응축하는 장치로 사용된다. 또한, 챔버 내 유속을 2.5m/s로 유지시키기 위해 인버터가 장착된 터보팬을 사용하였다. 또한 본 실험에서 농도 측정용으로 사용된 가스텍은 GV-100S형 기체채취기이며 검지관은 암모니아용으로 가스텍의 No.3L(감지농도 1-30ppm)을 사용하였다. 기타 센서류와 기타장치는 Table.1에 나타내었다.

### 2.2 실험방법

본 실험은 앞선 선행연구를 바탕으로 온수접촉 열교환기와 에어와셔의 영향을 자세히 알아보기 위해中间的 냉각 코일장치를 제거한 후 실험을 하였다(2). 또한 에어와셔의 물 분무 온도에 따른 제거 효율을 알아보기 위해 물 분무 온도  $T_w(^{\circ}\text{C})$

Table 2 Condition of apparatus

Air flow	1000 CMH
Temperature of hot water	40,50,60 $^{\circ}\text{C}$
Flow of hot water	6~10 l /min
Temperature of spray water	4~5 $^{\circ}\text{C}$
Number of nozzle	48
L/G	0.4

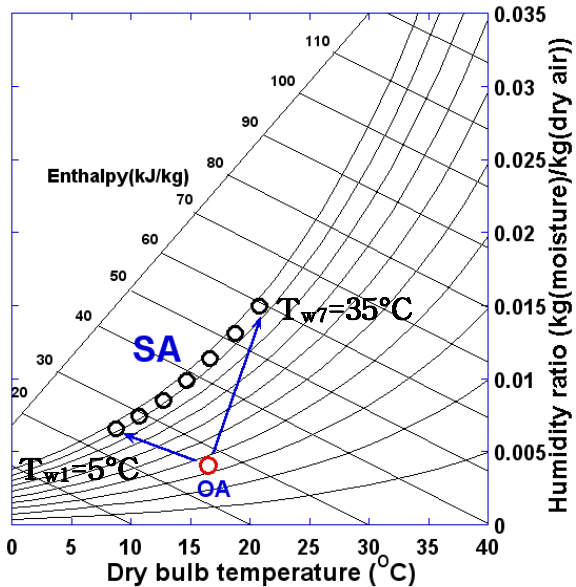


Fig. 3 Variations of air temperature and humidity through the air washer

(5,10,15,20,25,30,35)에 따른 실험을 하였다. Table 2에 장치의 운전조건을 나타내었다. 암모니아 가스는 기체유량계를 거쳐 풍동 내에 유입하게 하였으며 에어와셔장치의 상류와 하류에서 농도를 측정하여 수증기 응축식 에어와셔에 의한 암모니아의 제거효율을 계산하였다.

측정방법은 상류측, 하류측 농도를 3회 샘플링 하여 그 농도의 평균치를 이용하여 제거율을 다음과 같이 구하였다.<sup>(3)</sup>

$$\eta = \frac{C_{inlet} - C_{outlet}}{C_{inlet}} \times 100 \quad (1)$$

여기서,  $C_{inlet}$ 은 상류측 농도,  $C_{outlet}$ 은 하류측 농도를 나타낸다.

상·하류농도 측정 방법은 암모니아가스용 검지관인 No.3L의 양쪽 끝을 절단하고 기체채취기를 이용해서 일정용량(100ml)의 시료가스를 흡입하면, 암모니아 가스는 검지제와 즉각 반응을 일으켜 입구부터 색이 변한다. 흡입 후 약 45초 후면 피니쉬 인디케이터를 통해 채취량이 흡입되었는지를 알 수 있고 그때의 변색층의 변색끝 부분 눈금에 의해 농도를 판단한다.

본 실험에서는 크게 두가지로 구분하여 실험을 하였다. 하나는 온수접촉열교환기의 온도를 40°C, 50°C, 60°C로하여 에어와셔부를 통과하였을 경우

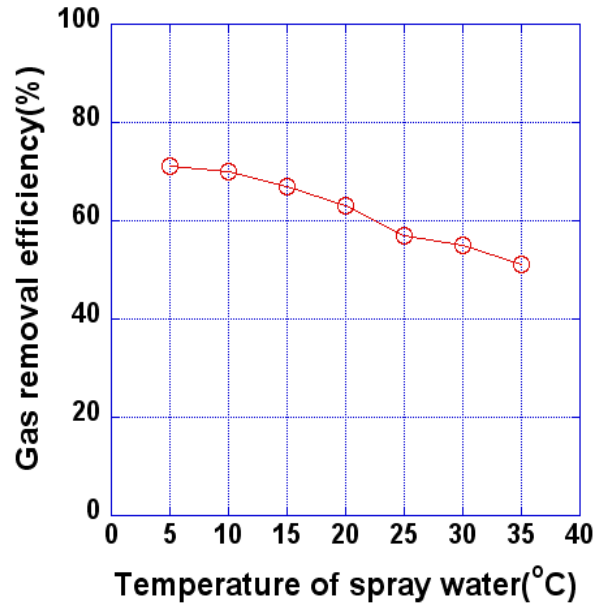


Fig. 4 NH<sub>3</sub> removal efficiency with respect to temperature of spray water

가스제거 효율과 그 엔탈피 변화를 측정하였다. (case 0 : 에어와셔 단독인 경우, case 1: 에어와셔 +온수 접촉 교환기 온도 40°C 인 경우, case 2 : 에어와셔 +온수 접촉 교환기 온도 50°C 인 경우, case 3 : 에어와셔 +온수 접촉 교환기 온도 60°C 인 경우) 두 번째는 에어와셔부만을 독립적으로 하여 그 물 분무 온도에 따른 가스 제거효율을 알아보았다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 물 분무온도에 따른 가스제거율 실험

Fig. 3은 에어와셔부 물분무의 온도를 5°C에서 35°C까지 5°C 간격으로 물 분무를 하였을 경우 일정한 외기 온·습도(16°C, 35%)에서 에어와셔 통과후의 급기(SA)의 온도와 습도를 나타낸 것이다. Fig. 4는 물 분무 온도 변화에 따른 암모니아 가스제거 효율을 나타내고 있다. 물분무의 온도가 올라갈수록 가스제거 효율이 올라가고 있는 것을 알 수 있다. 물분무의 온도가 15°C를 기준으로 하였을 경우 15°C 보다 낮은 온도의 경우 가스제거 효율의 온도증가에 따른 감소기울기가 완만한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 15°C 이상인 경우는 제거효율의 기울기가 급격하게 변화하는 것으로 실제 반도체 공장등이 외기공조기

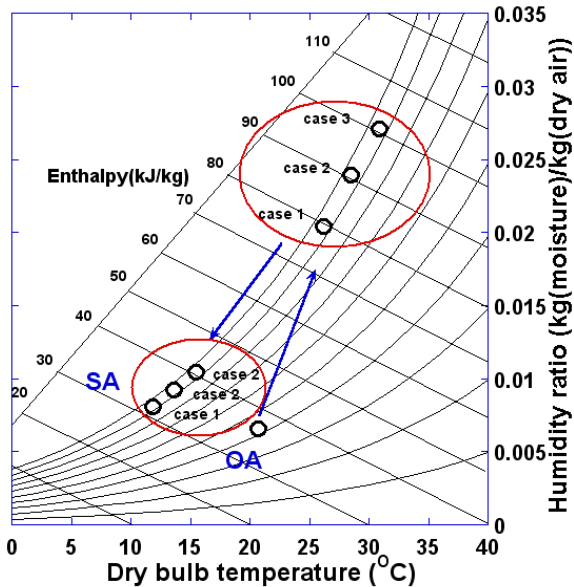


Fig. 5 Variations of air temperature and humidity through the air washer (temperature of water spray )

시스템의 물분무 온도를 저온으로 하는 것이 제거효율에서 큰 이점을 볼 수 있을 것이라 판단된다. 또한 물분무 온도가 5°C와 10°C인 경우 그 제거효율이 비슷한 결과를 나타내고 있다. 따라서 온수접촉열교환기를 추가 설치된 실험에서는 물분무의 온도를 5°C로 고정하여 실험을 수행하였다.

### 3.2 가열가습에 따른 가스제거율 실험

Fig. 5는 온수접촉열교환기의 분사온도를 40°C, 50°C, 60°C로 공급 하였을 경우의 급기상태의 공기 상태량을 나타내고 있다. 외기 공기(OA, 21°C, 45%)가 공급되고 온수접촉열교환기를 통과한 공기는 높은 엔탈피를 가지게 되며 저온(5°C)의 물분무를 통해 다시 낮은 엔탈피를 상태로 되는 것을 확인 할 수 있다. 이는 앞선 선행연구<sup>(2)</sup>와 동일한 결과임을 확인 할 수 있었다. 이는 에어와셔의 전단부에 온수 접촉 열교환기(Hot water contact heat exchanger)를 투입하여 유입된 외기에 1차로 가열, 가습을 행하고 2차로 에어와셔에서 냉각 응축시켜 줌으로써 노즐에서 분무된 물 미스트(mist)외에 수증기 응축의 부가적인 제거효과로 의한 화학가스오염물의 제거율이 높아질 것이라고 예측할 수 있으며 이는 Fig.6에서 실제 실험을 통한 결과 높은 제거효율을 확인할 수 있었

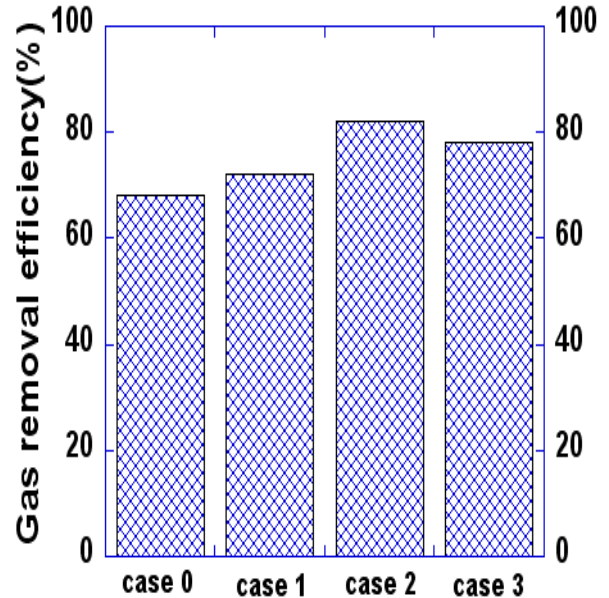


Fig. 6 NH<sub>3</sub> gas removal efficiency with respect to temperature of spray water

다. Fig. 6은 온도변화에 따른 암모니아의 제거효율을 나타낸 것이다. Case 0의 경우 에어와셔만 물분무를 하였기 때문에 온수접촉 열교환기의 온도와는 무관한 제거효율을 나타내고 있다. 통상 일반적으로 사용되고 있는 에어와셔에 비해 제거효율이 낮게 나온 이유는 일반적으로 사용되고 있는 외기 공조기의 에어와셔부는 높은 L/G로 사용되나, 본 실험의 경우 0.4로 하여 그 효율이 낮게 나온 것으로 판단된다. L/G를 낮게 한 이유는 외기를 가열 후 응축하였을 경우 그 영향을 알아보기 위함이다.

Case 1~3의 경우는 에어와셔 분무 전에 온수 접촉 열교환기에서 가열하여 온수 분무를 실시한 것으로 그 온수의 온도가 증가하면서 전반적으로 Case 0에 비해서 높은 제거효율을 보이고 있는 것을 확인할 수 있다. 그러나 Case3의 경우 제거 효율이 다소 낮아지는 경향을 보이고 있다. 이는 외기가 온수접촉열교환기를 통해 가열가습된 것을 에어와셔부의 냉각 응축 성능 범위 내에서 벗어나 제거효율이 낮게 나오는 것이라 판단된다.

이상으로부터 다음과 같은 사항을 예측할 수 있다. 첫째가 에어와셔 수온을 저온화하여 엔탈피 차를 크게 하여 제거효율을 항상 시킬 수 있다. 또 다른 방법으론 선행 연구결과에서 알 수 있듯이 L/G의 증대하여 공기와 물의 접촉량을 크

게 하여 제거효율을 향상시킬 수 있다고 생각된다.

#### 4. 결 론

본 연구에 따라 다음과 같은 결과를 확인 할 수 있었다.

(1) 수용성 물질인 NH<sub>3</sub>에 대해서 온수 접촉 교환기에 의해 물의 온도를 증가 하면서 제거효율을 측정 한 결과 각 Case별로 약간의 차이는 있으나 전반적으로 그 효율이 증가 하는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 가열가습을 에어와셔의 냉각응축 성능범위 내에서 사용할 것을 전제로 한다면, 계절 변동에 좌우 될 것 없이 엔탈피의 안정화 되어진 제거가 가능해진다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 위탁연구과제 ‘수증기 응축식 에어와셔

시스템개발’의 일환으로 수행되었으며 이에 대해 관계자들에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- (1) Masataka. H., Tomomasa. I., Shigru. Y., and Shoji. I.(1997) "Study on removal efficiency of chemical compounds in air by air washer and vapor condensation", Proc. of the 17th Annual Technical Meeting on Air Cleaning and Contamination Control, 5-8(in Japanese).
- (2) Yoo, K-H, Yeo K-H, Park S-T, Son S-W.(2006) "An Experiment on the Performance Enhancement of Removal of Chemical Contaminants by Water Vapor Condensation in an Air Washer for Semiconductor Clean Rooms" KSME 2006 Spring Annual Meeting pp.2436-2440
- (3) Yoo, K.-H., Roh, H.-H., Choi, E. and Kim, J.-K., 2003, "An Experiment on the Particle Collection Characteristics in a Packed Wet Scrubber", Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15 NO. 4, pp. 305-311.