

## AC5) 클린룸의 분자상 오염물질 관찰 The Observation of Airborne Molecular Contaminations in Cleanroom

이용선 · 김혜영 · 송진희 · 김광영 · 유승교  
(주) 에이스 랩

### 1. 서론

반도체 산업에서 메모리의 고집적화, 회로 패턴의 미세화에 따라 클린룸 공기중에 존재하는 분자상오염 물질 (Airborne Molecular Contaminants, AMCs)이 제조공정에 미치는 영향이 매우 중요하게 대두되었다<sup>1)</sup>. 분자상 오염물질은 입자상 오염물질과 달리 외관상 관찰이 어려우며, 오염 종류와 형태가 원소의 종류에 따라 매우 다양하게 나타난다. 클린룸에서의 입자상 오염물질은 고효율 필터(HEPA, ULPA)를 사용하여 제거 관리하고 있으나, 분자상 오염물질은 종류 및 형태조차 파악하지 못하고 있다. 무기성 오염원의 분석은 일반적으로 임핀저법에 의한 이온크로마토그래피로 이루어진다. 그러나 임핀저법은 가스상 물질과 입자상 물질을 분리할 수 없기 때문에, 흡수액에서 측정되는 이온들의 원인을 정확히 알 수 없다. 본 연구에서는 디누더를 이용하여 클린룸에서의 입자상 물질과 가스상 물질을 분리함으로써 클린룸내 입자상 물질과 가스상 물질의 농도 분포를 파악하였다. 또한 응축 디누더 샘플러를 사용한 자동 모니터링 시스템으로부터 공정에 따른 오염물질의 특성을 살펴보았다.

### 2. 연구 방법

#### 실험 1.

실험에 사용된 디누더 측정기(URG-2000, APM Co.)는 3단 디누더와 테프론 여과지를 넣을 수 있는 여과지팩으로 구성되었다. 샘플링이 이루어진 클린룸은 HEPA 필터와 ULPA 필터가 설치되어 있기 때문에 사이클론(먼지 입경 2.5 $\mu$ m 이상 제거)은 설치하지 않았다. 첫번째 디누더와 두번째 디누더는 HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>를 포집하기 위하여 1%(w/v) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액으로 코팅하였고, 세번째 디누더는 NH<sub>3</sub>를 포집하기 위하여 1%(w/v) Citric acid 용액으로 코팅하였다. 테프론 여과지를 이용하여 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>을 포집하였다(EPA Method 참조)<sup>2)</sup>. 샘플링을 위해 사용한 펌프 유량은 4 l/min으로 하였으며, 샘플링은 24시간 동안 이루어졌다. 시료의 분석은 다이오넥스사의 DX-500 이온크로마토그래피를 통하여 이루어졌다.

#### 실험 2.

제조 공정별 클린룸내 오염원 특성 파악은 당 연구실에서 개발한 응축디누더를 이용한 자동 모니터링 시스템(AMS-2000, Ace Lab, Inc.)으로 이루어졌다. 응축 디누더 샘플러는 온도가 균일한 냉동 챔버내에 길이 890 mm 디누더를 설치한 후 샘플링 공기를 통과시키는 방법으로, 가스 성분은 디누더의 기벽에 확산되면서 벽면의 수분에 녹아 들어가는 원리이다. 냉동 챔버의 온도는 0.5 $^{\circ}$ C, 공기 유량은 6.5 l/min로 하였으며, 이온 크로마토그래피를 이용하여 분석하였다. 샘플링은 제조공정이 없는 일반 클린룸과 각 제조 공정별 포토 레지스트 공정, 디퓨전 공정, 식각공정이 있는 지역의 클린룸 공기가 포집되었다.

### 3. 결과 및 고찰

클린룸 내의 가스상 농도와 입자상 물질의 농도 비율은 아래 그림 1과 같다. 클린룸 A에서 HNO<sub>2</sub>/(HNO<sub>2</sub>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)은 0.93, SO<sub>2</sub>/(SO<sub>2</sub>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)은 0.99, NH<sub>3</sub>/(NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)는 0.97를 나타냈으며, 클린룸 B에서 HNO<sub>2</sub>/(HNO<sub>2</sub>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)은 0.90, SO<sub>2</sub>/(SO<sub>2</sub>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)은 0.98, NH<sub>3</sub>/(NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)은 0.99 이상으로 대부분 가스

상으로 존재함을 알 수 있었다. 이는 HEPA(0.3  $\mu\text{m}$  이상, 99.97%), ULPA(0.1  $\mu\text{m}$  이상, 99.9995%) 필터에 의해 입자상 물질이 대부분 제거되었기 때문으로 판단되나, 일부 내부 발생요인으로 소량의 입자상이 존재함을 알 수 있었다. 또한 반도체 공정별 분석 결과 각 공정별 사용되는 화학물질에 따라서 대기 중의 화학 오염종도 약간씩 차이를 알 수 있었다. 디퓨전 공정의 경우 암모니아를 비롯한 대부분의 무기 산성가스 오염도가 타공정(포토리지스트, 식각공정 등)에 비해 높은 것으로 관측되었으며, 잘 제어된 포도 레지스트 공정에서는 암모니아의 경우  $\leq 1\text{ppbv}$ 로 유지되고, 타 산성가스도 상당히 낮은 수준으로 관측되었다. 이에 반해 식각 공정의 경우에는 브롬 가스가 타공정에 비해 비교적 높은 농도로 관측되었다.

각 오염원의 농도 추이는 일반적으로 계절적 영향과 내부 발생요인에 의한 복합적 현상으로 나타남을 장기적 관찰로부터 볼 수 있었다.

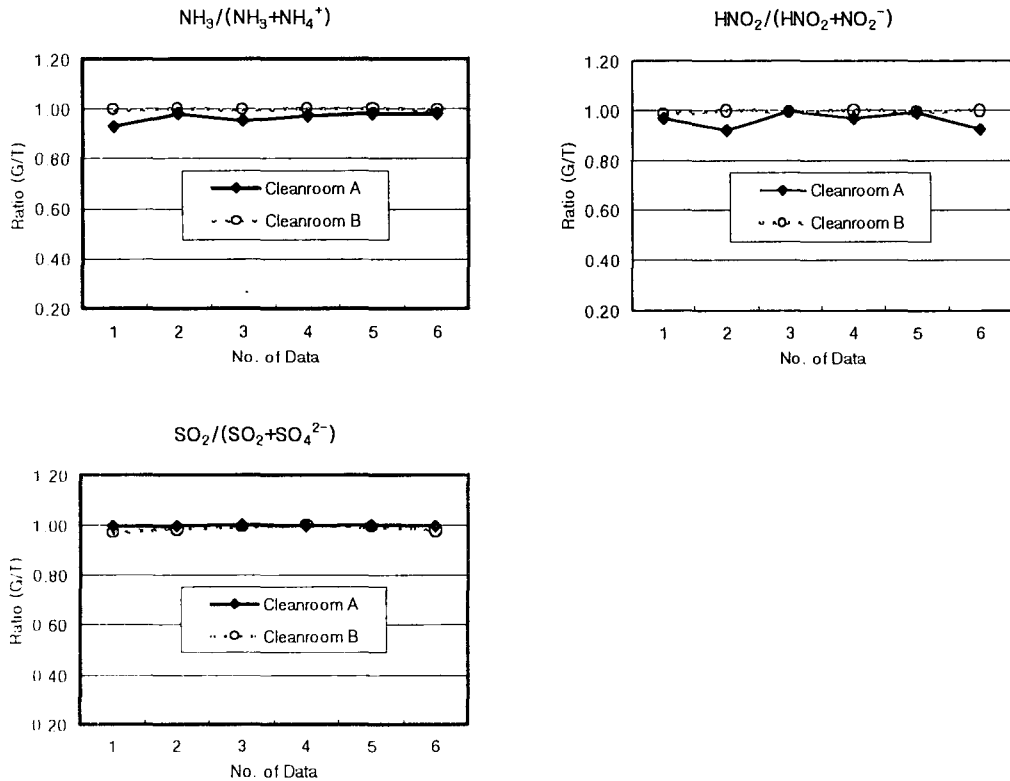


Fig 1. The ratio of gas to particle in cleanroom

### 참 고 문 헌

- 1) 藤本武夫, (1997) 半導體 プロセス環境における化学汚染とその対策, リアライズ社
- 2) EPA (1999. 6) Compendium Method IO-4.1 Determination of the strong acidity of atmospheric