

## 2C1) 반도체 제조공정에서의 대기오염물질 배출특성 및 배출계수 산정에 관한 연구

### A Study on the Emission Characteristics and the Estimation of Emission Factor for Air Pollutants in Semiconductor Manufacturing

김대곤 · 이은정 · 이석조 · 김정수 · 차준석 · 이대균 · 엄윤성 · 방선애 · 홍지형  
국립환경연구원 대기공학과

#### 1. 서 론

대기오염물질 배출계수는 국가 및 배출시설에 대한 배출량 산정 시에 필수적으로 요구되며, 또한 배출특성을 간접적으로 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 기본부과금의 산정, 대기오염방지설비의 설계, 오염저감계획의 수립 등에 매우 유용하게 이용되고 있다. 따라서 대부분 선진외국에서는 오래전부터 많은 비용과 인력을 동원하여 대기배출자료를 국가적으로 목록화하는 작업을 추진하여 왔으며, 국가 대기배출량을 일정한 형식과 산정방법에 의하여 체계적으로 관리하고 있다. 그러나 현재까지 우리나라의 배출계수 개발은 부분적으로 추진되어 왔거나 조사가 산발적으로 진행되었고 조사가 전혀 이루어지지 않은 분야도 있는 등 체계적이며 현실적인 국가 배출계수를 개발을 확보할 필요가 있다.

반도체 제조공정에서의 주요 배출오염물질은 연료연소 등 타 배출원과는 달리 지구온난화 및 기후변화, 오존층 파괴 물질 및 유해화학물질 등이 중요하며, 국제적인 환경규제의 경우에도 이들 물질에 관심을 보이고 있다. 국내의 대기배출원 분류체계는 이미 제시한 바 있으며(허정숙, 2002a), 배출원 분류체계에 맞추어 배출원별 배출특성과 배출계수 산정 등 일련의 연구를 진행하고 있다. 본 연구는 전자장비 중 반도체 제조공정에 대한 대기배출특성을 파악하고 배출계수 개발 및 오염배출량 산정을 하고자 하였다.

반도체제조공정은 웨이퍼 가공, 패키징/테스트, 부품실장 및 조립가공과 최종제품의 단계를 거치게 되며, 각 단위공정은 다시 세부 단위공정으로 나누어 진다. 본 연구는 웨이퍼 가공 및 패키징 공정을 대상으로 하였다.

#### 2. 연구내용 및 방법

반도체 제조업에 대한 표준사업장 선정은 2002년 현재 source data management(SODAM)에 반도체 제조업으로 등록된 1, 2, 3종 사업장을 대상으로 하였으며, 대상 사업장은 총 3개소로 파악되었다(국립환경연구원, 2003).

본 연구는 이들 사업장중 우선 생산제품을 고려하여 연료사용량, 오염물질 배출량, 배출시설 및 방지시설 현황을 분석하여 업종 대표성을 갖는 표본 대상사업장을 선정하였다. 선정된 3개 사업장에 대하여 사전 방문하여 공정의 정상가동여부 및 표본사업장으로서 선정이 타당한가를 확인 후 대기배출특성 조사표를 사업장에서 직접 작성하도록 하였다. 이 후 조사표의 1차 분석단계를 거친 후, 2차로 직접 현장 조사를 통한 자료의 신뢰성을 확보하고 시료채취 및 측정을 수행하였다. 확보된 자료를 바탕으로 배출시설과 방지시설 형태별로 제품생산량을 기준으로 대기오염물질 배출계수를 산정하였다.

수집된 자료 및 생산원 배출계수에 대한 등급 기준을 정량적으로 확보하고, 등급을 부여함으로써 배출계수를 효율적으로 관리하도록 하였다. 자료에 대한 등급부여는 대기공정시험방법에 의한 측정유무와 측정횟수를 기준으로 A, B, C, D등급으로 분류하였다. 배출계수 등급은 업종별 대상 사업장 (1, 2, 3종) 수에 대하여 본 연구에서 조사한 사업장 수가 차지하는 비율을 고려하여 A, B, C, D, E, F등급으로 나타내었다. 산업시설의 모든 배출시설은 오염원분류코드 (Source Classification Code, SCC)로 구분하여 배출계수를 산정하였다. SCC는 5분류로 구성되어 있으며, 대기배출원 분류에서 제 1분류는 기타산업공정, 제 2분류는 전자장비, 제 3분류는 해당 사업장의 표준산업분류체계, 제 4분류는 제품종류, 제 5분류는 공정 및 배출시설로 나타내었다.

#### 3. 결과 및 고찰

반도체 제조공정 중 배출시설은 다양한 단위 공정에 수없이 분산되어 있으며, 여기에 연결된 방지시

설도 배출되는 오염물질의 특성에 따라 여러 단위공정에 거쳐서 복잡하게 연결되어 있다.

반도체 제조공정의 오염물질 배출특성은 각 단위 공정의 세정시설에 투입되는 가스 및 화학 약품에 의하여 산알칼리 물질이 배출되며, 현상 공정에 사용되는 감광액의 건조 시 VOCs 물질이 배출되며, 특히 패키징 공정에서는 금속류의 사용에 의하여 중금속이 배출된다.

그림 1~3은 각 공정별 중금속, 산알칼리, HAPs 배출 특성을 나타낸 것이다. 비소, 납, 구리와 같은 중금속 배출농도는 0.04~0.36 mg/m<sup>3</sup>으로 나타났으며, 산알칼리 가스의 경우 0.26~1.31 mg/m<sup>3</sup>으로 배출되었고 TVOCs 배출농도는 11.57~3.89 mg/m<sup>3</sup>으로 나타났다. 배출계수는 반도체 패키징 제조에서 28건, 웨이퍼 가공에서 19건으로 총 47건이 산정되었다.

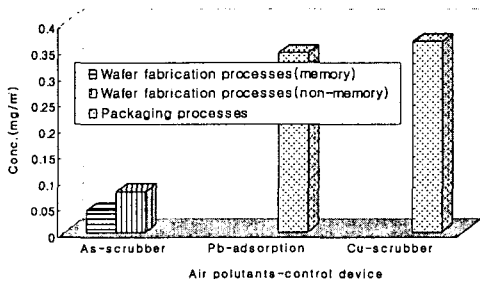


Fig. 1. 중금속 배출농도

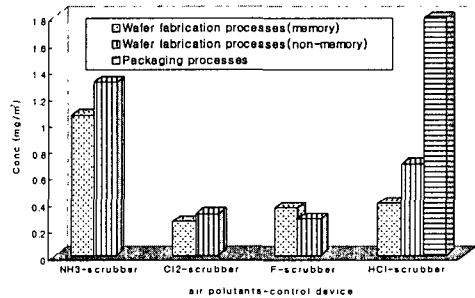


Fig. 2. 산알칼리물질 배출농도

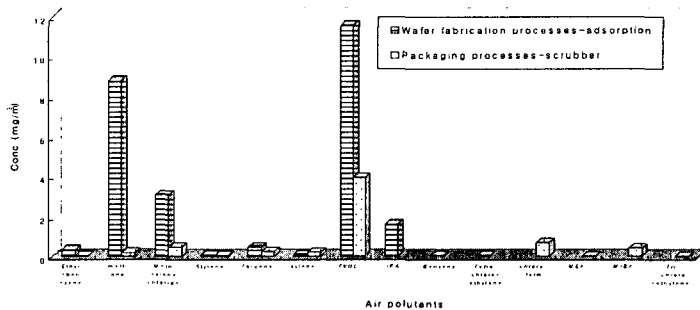


Fig. 3. HAPs 배출농도

## 사 사

본 연구는 차세대 핵심환경기술개발연구사업 연구중의 일부이며, 연구비를 지원하여 주신 한국환경기술진흥원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 국립환경연구원 (2003a) 2002년도 대기배출원조사.
- 국립환경연구원 (2003b), 산업공정과 대기오염물질 배출계수(III)
- 김대곤, 엄윤성, 홍지형, 이석조, 석광설, 이대균, 이은정, 방선애(2003c) 화력발전소의 대기오염물질 배출계수 산정연구
- 허정숙, 이덕길, 홍지형, 석광설, 이대균, 엄윤성 (2002a) 새로운 대기오염물질 배출원 분류체계에 관한 제언, 한국대기환경학회, 18(3), 231-245.
- USEPA (2000) Compilation Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition.