

## 반도체 세정 공정용 가스 클러스터 장치 내 발생 클러스터 크기 분포에 관한 수치해석적 예측

김호중<sup>1</sup>, 최후미<sup>1</sup>, 윤덕주<sup>2</sup>, 이종우<sup>2</sup>, 강봉균<sup>3</sup>, 김민수<sup>3</sup>, 박진구<sup>3</sup>, 김태성<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 나노과학기술협동학부, <sup>2</sup>제우스(주), <sup>3</sup>한양대학교 재료공학과, <sup>4</sup>성균관대학교 기계공학부

반도체 소자의 미세화와 더불어 세정공정의 중요성이 차지하는 비중이 점점 커지고, 이에 따라 세정 기술 개발에 대한 요구가 증대되고 있다. 기존 세정 기술은 화학약품 위주의 습식 세정 방식으로 패턴 손상 및 대구경화에 따른 어려움이 있다. 따라서 건식세정 방식이 활발하게 도입되고 있으며 대표적인 것이 에어로졸 세정이다. 에어로졸 세정은 기체상의 작동기체를 이용하여 에어로졸을 형성하고 표면 오염물질과 직접 물리적 충돌을 함으로써 세정한다. 하지만 이 또한 생성되는 에어로졸 내 발생 입자로 인해 패턴 손상이 발생하며 이러한 문제점을 극복하기 위하여 대두되는 것이 가스클러스터 세정이다. 가스 클러스터란 작동기체의 분자가 수십에서 수백 개 뭉쳐 있는 형태를 뜻하며 이렇게 형성된 클러스터는 수 nm 크기를 형성하게 된다. 그리고 짧은 시간의 응축에 의해 수십 nm 크기까지 성장하게 된다. 에어로졸 세정과 다르게 클러스터가 성장할 환경과 시간을 형성하지 않음으로써 작은 클러스터를 형성하게 되며 이로 인해 패턴 손상 없이 오염입자를 제거하게 된다. 이러한 가스 클러스터 세정을 최적화하기 위해서는 설계 단계부터 노즐 내부 유동의 수치해석에 기반한 입자 크기 분포를 계산하여 반영하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 상용 수치해석 프로그램을 이용하여 세정 환경을 조성하는 조건에서의 노즐 내부 유동을 해석하고, 이를 통해 얻어진 수치를 이용하여 aerosol general dynamic equation (GDE)를 계산하여 발생하는 클러스터의 크기 분포를 예측하였다. GDE 계산 시 입자의 크기 분포를 나타내기 위해서는 여러 가지 방법이 존재하나 본 연구에서는 각 입자 크기 노드별 개수 농도를 계산하였다. 노즐 출구에서의 가스 클러스터 크기를 예측하기 위하여 먼저, 노즐 내부 유속 및 온도 분포 변화를 해석하였다. 이를 통하여 온도가 급격하게 낮아져 생성된 클러스터의 효과적 가속 및 에너지 전달이 가능함을 확인할 수 있었다. 이에 기반하여 GDE를 이용한 입자 크기를 예측한 결과 수 나노 크기의 초기 클러스터가 형성되어 온도가 낮아짐에 따라 성장하는 것을 확인할 수 있었으며, 최빈값의 분포가 실험적 측정값과 일치하는 경향을 가지는 것을 볼 수 있었다. 이는 향후 확장된 영역에서의 유동 해석과 증발 등 세부 요소를 고려한 계산을 통해 가스 클러스터 세정 공정의 최적화된 설계에 도움이 될 것이다.

**Keywords:** 가스클러스터, 입경 분포, GDE, 세정