

반도체 및 디스플레이 세정 공정용 CO₂ 클러스터 장비의 클러스터 발생 특성 분석

최후미¹, 조유진², 이종우³, 김태성^{1,2*}

¹성균관대학교 나노과학기술협동학부, ²성균관대학교 기계공학부, ³(주)제우스

표면에 부착된 나노/마이크로 입자는 다양한 분야에서 오염물질로 작용한다. 특히 형상이 미세하고 공정 단계가 복잡한 반도체 및 디스플레이 등의 전자 소자 공정에서 미치는 영향이 크다. 따라서 입자상 오염물질의 제거에 관하여 상용화된 습식 세정 방법이 다양하게 존재하지만 표면 손상, 화학 반응, 부산물, 세정 효율 등 여러 가지 문제점이 있어 새로운 세정 방법이 요구된다. 이에 건식 세정 방법, 그 중에서도 입자의 충돌을 통해 제거하는 방법인 에어로졸 세정, 필렛 세정 등이 개발되었으나 마이크로 크기로 생성되는 입자로 인하여 형상의 손상이 크다. 따라서 본 연구에서는 나노 단위로 기체/고체 혼합물만 생성하여 세정하는 가스 클러스터 세정 방법을 이용하여 이러한 문제점을 해결하고자 하였다. 클러스터 세정 장비를 이용한 표면 처리는 충돌에 의한 제거에 기반한다. 따라서 생성 및 가속되는 클러스터로부터 대상으로 전달되는 운동량의 정도가 세정 특성에 영향을 미치며 이는 생성되는 클러스터의 크기에 종속적이다. 생성 클러스터의 크기 분포는 분사 거리, 유량, 분사 각도, 노즐 냉각 온도 등의 변수에 관한 함수이다. 따라서 본 연구에서는 CO₂ 클러스터를 이용한 세정 특성을 정의 및 제어하기 위하여 생성되는 클러스터 특성에 관하여 이론적, 수치 해석적, 실험적 연구를 수행하였다. 먼저, CO₂의 물리적 특성 및 이를 이용한 특정 크기 오염 물질을 제거하는데 요구되는 임계 클러스터 크기 계산을 이론적으로 구하였다. 이는 오염물질의 부착력과 클러스터의 운동량 전달에 의한 제거력의 비교를 통해 이루어졌다. 두 번째로 클러스터 크기분포를 수치 해석적으로 예측하기 위하여 각 조건에 대하여 유동해석을 수행하고 이를 통해 구해진 노즐 내 기체의 냉각 속도를 GDE (General Dynamic Equation) 계산에 대입하여 구하였다. 마지막으로 PBMS (Particle Beam Mass Spectrometer)를 이용하여 실험적으로 클러스터 크기분포를 각 조건에 대하여 구할 수 있었다. 또한 크기 분포 경향에 대한 간접적 확인을 위하여 포토레지스트가 코팅된 웨이퍼에 클러스터의 충격으로 생성된 크레이터 크기의 경향을 분석하였다. 이와 같은 방법에 의하여 생성되는 클러스터는 노즐의 유량 증가, 온도 상승에 각각 비례하여 작아지는 것을 확인할 수 있었다.

Keywords: 반도체세정, CO₂ 클러스터세정