

입자 집속 용도의 직경 가변형 렌즈에 대한 특성 연구

김명준¹, 김동빈¹, 김형우², 강상우³, 김태성^{1,2}

¹성균관대학교 기계공학부, ²성균관대학교 성균나노과학기술원, ³한국표준과학연구원, 진공센터

반도체 선폭이 20 nm급까지 감소함에 따라 기존에 수율에 문제를 끼치던 공정 외부 유입 입자뿐만 아니라, 공정 도중에 발생하는 수~수십 나노의 작은 입자도 수율에 악영향을 끼치게 되었다. 이에 따라 저압, 극청정 조건에서 진행되는 공정 중 발생하는 입자를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 장비에 대한 수요가 발생하고 있다. Particle beam mass spectrometer (PBMS)는 이러한 요구사항을 만족할 수 있는 장비로 100 mtorr의 공정 조건에서 5 nm 이상의 입자의 직경별 수농도를 측정할 수 있는 장비이다. PBMS로 입자의 수농도를 측정하기 위해서는 PBMS 전단에서 입자를 중앙으로 집속할 필요가 있다. 공기역학렌즈는 PBMS 전단에서 입자를 집속시키기 위해 일반적으로 널리 사용되고 있는 장비로 여러 개의 오리피스로 이루어져 있다. 공기역학렌즈를 지나는 수송 유체와 입자는 이러한 연속 오리피스를 거치면서 팽창과 수축을 반복하며, 관성력의 차이로 인해 입자가 중앙으로 집속된다. 그러나 기존 공기역학렌즈는 고정된 직경의 오리피스를 사용하기 때문에 설계된 공정조건 이외에는 입자의 집속효율이 감소한다는 단점을 지닌다. 따라서 공정조건이 바뀔 경우 공기역학렌즈를 교체해야 되며, 진공이라는 환경하에서 이러한 교체는 많은 시간과 노력을 요구로 한다. 본 연구에서는 이러한 공기역학렌즈의 문제점을 해결하기 위해 다양한 공정조건에서 교체 없이 사용할 수 있는 새로운 형태의 직경 가변형 공기역학렌즈인 조리개형 공기역학렌즈를 제안하였다. 기존 연구를 통해 조리개형 공기 역학 렌즈가 다양한 압력 범위 내에서 나노 입자를 성공적으로 집속할 수 있음을 보였지만, 장비를 상용화하기 위해서는 사용자가 좀 더 쉽게 렌즈 직경을 결정 할 수 있어야 한다. 이에 본 연구에서는 조리개형 렌즈의 중공 직경에 따른 입자 집속 특성을 평가하였으며, 최종적으로 압력과 집속하고자 하는 직경에 따라 렌즈 중공 직경을 결정할 수 있게 해주는 데이터 베이스를 제작하였다.

Keywords: 입자 집속, 공기 역학 렌즈, PBMS, Stokes number