

플라즈마에서 볼츠만 관계식의 실험적 검증

김영철¹, 이효창², 황혜주², 김준영¹, 김동환¹, 정진욱^{2*}

¹한양대학교 나노반도체 공학과, ²한양대학교 전기공학과

볼츠만 관계식을 아르곤과 산소 플라즈마에서 공간상의 전자 전류 측정과 전자에너지 분포 함수의 측정을 통해 실험적으로 검증하였다. 전자의 에너지 분포가 볼츠만 관계식을 따를 때, 탐침의 전위를 고정시켜 각 위치마다 측정 할 경우 탐침과 플라즈마 간의 전위차의 감소와 플라즈마 밀도 감소가 서로 상쇄되는 효과로 인해 공간상에서 전자전류가 일정하게 측정이 된다. 또한 볼츠만 관계식을 전자역학적으로 해석할 때, 전자에너지 분포함수의 비국부적 특성을 의미하기 때문에 공간상에서 전자에너지 분포함수가 일정하게 측정된다. 낮은 압력에서 전자 전류는 공간상에서 일정하였고, 전자에너지 분포함수 또한 전체 에너지 상에서 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 전자가 아르곤과 산소 플라즈마에서 각각의 경우에 볼츠만 관계식을 따르는 것으로 볼 수 있다. 하지만 압력이 높을 때, 산소 플라즈마인 경우 볼츠만 관계식 따르지 않았지만 아르곤 플라즈마에서는 여전히 볼츠만 관계식을 따르는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 차이는 산소기체의 경우 분자기체에서 비탄성 충돌을 유발하는 반응들이 다양한 전자 에너지 영역에 대해서 존재하여, 전자의 에너지 특성이 비국부적 영역에서 국부적 영역으로 전이가 되기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 또한 챔버 벽면으로 빠져나가는 전자에 대해서도 볼츠만 관계식을 실험적으로 검증해 보았고, 플라즈마 내에서의 결과와 유사한 경향성을 관찰할 수 있었다.

Keywords: 볼츠만 관계식, 전자전류, 전자분포함수, 비국부적 영역