

광진단에 의한 전자 에너지 분포 함수 변화 감지 방법 개발

박설혜, 최재명, 이석환, 최명선, 김곤호

서울대학교 원자핵공학과

플라즈마 공정에는 대체로 한 종류의 가스가 아닌 여러 종류의 가스가 일정한 분율을 갖도록 조합되어 사용된다. 계측 상으로는 가스의 분율이 매 공정마다 일정하게 유지되나 실제 기기적 오차 및 성능의 한계로 인해 가스 조성비에 미세한 변화가 발생할 수 있다. 이 변화의 정도가 각 공정의 특정 기준치를 넘어서게 되면 공정 실패가 발생한다. 가스 조성비의 변화는 플라즈마의 전자에너지 분포함수(EEDF) 변화를 유발하고, 이에 따라 물리적, 화학적 반응들의 반응 계수가 변화되므로 장치 안에서 일어나는 반응들의 종류 및 기여도에 변화가 발생되기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 공정의 결과를 좌우하게 되는 플라즈마의 특성 변화를 상대적으로 쉽고 빠르고 플라즈마에 교란을 주지 않는 진단인 OES(Optical Emission Spectroscopy)를 이용하여 진단하고자 하였다.

비교적 해석이 쉬운 간단한 가스 조합으로써 아르곤에 산소의 함량을 변화시켜가며 460.9567nm 와 811.5311nm의 선의 세기를 관찰하였다. 460.9567nm 선의 경우 21.16eV의 에너지 준위에서 천이가 시작되고 811.5311nm 선의 경우는 13.09eV에서 천이가 시작된다. 공정 플라즈마의 온도 및 압력 조건에서는 코로나 평형 모델에 따라 주로 전자의 충돌에 의해 이온 및 중성종이 에너지를 얻게 되므로 460.9567nm의 경우 21.16eV 이상의 에너지를 전자로부터 전달받아야 하고 811.5311nm의 경우는 13.09eV 이상의 에너지를 전달 받아야 한다. 따라서 방출 선의 세기는 천이 시작점의 에너지 준위에 도달하도록 에너지를 전달해 주는 전자의 에너지 분포와 밀접한 관련을 갖는다. 실험 결과, 같은 압력, 인가 전력의 조건에서 산소의 분율이 1%에서 10%까지 1%씩 증가할 때 마다 460.9567nm 선의 세기는 약 35% 씩 감소되었다. 진단 결과에 따라 산소 분율 증가는 21.16eV 이상의 고에너지 전자군 밀도의 감소를 유발하는 것으로 예상된다. 고에너지 전자군이 산소의 해리 및 이온화에 소모되기 때문에 전자 에너지 분포함수의 꼬리 부분이 감소되는 변화가 나타났다. 이와 같은 광진단에 의한 전자 에너지 분포함수의 변화 파악은 플라즈마 내에서 발생하는 여러 반응들의 기여도 변화 이해에 유효하다.