

[IV~16]

Inductively Coupled Plasma 방전의 Global Modelling 과 Simulation

유광인, 윤남식, 황 순모

기초과학지원연구소

현재 차세대 반도체 식각장치로 주목을 받고 있는, Inductively coupled plasma(ICP) source중 solenoidal형태의 플라즈마 발생장치에 대한 global modelling과 simulation이 행해졌다. 현재의 모델은, 근래에 완성된 비국소 전자가열 이론을 바탕으로 했기 때문에, 파워흡수과정이 self-consistent하게 고려된 것이다.

사용된 model식들은 다음과 같이, 플라즈마 연속방정식과 전자온도 방정식으로 구성되어있다.

$$\frac{dn}{dt} = n(\nu_i - \nu_l)$$

$$\frac{dT_e}{dt} = \frac{2}{3} \frac{P_{abs}}{n\Omega} - \left(\frac{2}{3} \epsilon_i + T_e\right) \nu_i - \left(\frac{2}{3} \epsilon_l + T_e\right) \nu_l,$$

여기서, n 은 플라즈마 밀도, T_e 는 전자온도, ν_i 는 이온화 진동수, ν_l 은 손실진동수, Ω 는 플라즈마 체지이다. 손실진동수는 플라즈마가 Bohm속도로 빠져나간다고 했을때, $\nu_l = (S/\Omega) \sqrt{(T_e + T_i)/M}$ 이고, 빠져나가는 전자의 평균에너지 ϵ_l 은 포텐셜 장벽 ϕ 를 넘어서는 것들만 빠져나간다고 가정했을 때 $\epsilon_l = e\phi + 2T_e$ 이다. 전자가 흡수한 파워는 power supply에서 공급되는 파워 P_{RF} 에 다음과 같이 비례한다: $P_{abs} = \alpha P_{RF}$, $\alpha = R_p / (R_p + R_v)$, 여기서 R_p 는 2차원 전자가열 이론을 바탕으로 계산된 플라즈마 저항이고, R_v 는 안테나 저항과 stray저항을 포함한 진공저항이다. 용기벽에 대한 플라즈마의 전압 ϕ 는 $\phi = -\frac{T_e}{2e} \ln \left[2\pi \frac{m_e}{M} \left(1 + \frac{T_i}{T_e} \right) \right]$ 로 주어진다.

Simulation은 Ar 가스방전에 대해 행해졌고, simulation 결과로써, n, T_e, ϕ 등의 플라즈마 변수들의 파워, 중성 가스 압력등의 외부 조정 변수들에 대한 의존성과, 파워 결합계수 α 의 외부변수 의존성이 주어졌다.