

[IV~15]

한빛 장치에서 일어나는 단순자기거울 방전에서의 불순물 효과 연구

윤 남식, 유 광원, 양 장규, 황 순모

기초과학지원연구소

한빛장치는 대우경 자기거울 플라즈마 발생 장치로서 주가열원은 ICRIH이다. 현재 500 kW ICRIH 장치가 설치중에 있으며, 곧 방전실험에 착수 할 예정이다. 이러한 방전실험의 준비 단계의 하나로써, 실험 design과 물리적인 이해를 돕기 위한 목적으로 단순자기거울 방전 modelling과 simulation이 행해졌다. 특히, 불순물은 대부분 원자번호가 크기 때문에 일반적으로 많은 에너지 손실을 가지오므로, 산소 불순물의 생성 및 효과를 포함하여 연구하였다.

사용된 model식들은, 다음과 같이 플라즈마 밀도에 연속방정식, 전자와 이온에 대한 에너지 방정식들, 중성가스 밀도에 대한 연속방정식, 불순물에 대한 연속방정식으로 구성되어있다.

$$\frac{dn_i}{dt} = n_i(Nk_{ion} - \tau_c^{-1})$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{3}{2} n_i T_i \right) = \frac{P_i}{\Omega} + \frac{3}{2} (T_e - T_i) \frac{n_e}{\tau_{ie}} - \frac{3}{2} T_i n N k_{ex} - E_{li} \frac{n_i}{\tau_c}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{3}{2} n_e T_e \right) = \frac{P_e}{\Omega} + \frac{3}{2} (T_i - T_e) \frac{n_e}{\tau_{ie}} - \epsilon_{ion} N k_{ion} - E_{le} \frac{n_e}{\tau_c} - P_{rad}$$

$$V \frac{dN}{dt} = \Gamma - \Omega \frac{dn}{dt},$$

$$\frac{dO_1}{dt} = -n_e O_1 S_1 + n_e O_2 (\alpha_1 + \gamma_1 n_e) + \sum_{k=2}^9 O_k / \tau_p^1$$

$$\frac{dO_k}{dt} = n_e O_{k-1} S_{k-1} - n_e O_k (S_k + \alpha_{k-1} + \gamma_{k-1} n_e) + n_e O_{k+1} (\alpha_k + \gamma_k n_e) - O_k / \tau_p^k$$

$$\frac{dO_9}{dt} = n_e O_8 S_8 - n_e O_9 (\alpha_8 + \gamma_8 n_e) - O_9 / \tau_p^9$$

$$n_e = n_i + \sum_{k=1}^9 (k-1) O_k$$

여기서 n_i, n_e 는 이온과 전자 밀도, T_i, T_e 는 이온과 전자 온도, N 은 중성가스 밀도, k_{ion} 은 이온화율 계수, τ_c 는 플라즈마 밀폐 시간, P_i, P_e 는 각각 이온과 전자가 흡수하는 power, k_{ex} 는 이온의 중성가스 원자들과의 전하교환율 계수, ϵ_{ion} 은 이온화 에너지, Γ 는 중성가스 입사선속, V 는 진공용기의 체적, Ω 는 플라즈마의 체적, E_{li}, E_{le} 은 각각 빠져나가는 이온과 전자의 평균에너지들 이고, P_{rad} 은 radiation으로 빠져나가는 power이다.

O_k 는 k 가 1일 경우 중성위자이고, 2이상인 경우 $k-1$ 개의 전자가 떨어져 나간 경우이다. S_k 는 k -상태의 이온이 이온화 되는 이온화율, α_k 는 k 번째 state로 재결합되는 재결합률, γ_k 는 k 상태로 의 삼체 결합률이다.