[IV~22]

유한한 폭을 고려한 helicon 방전 장치의 impedance 계산

박 병호, 윤 남식*, 최 덕인
한국과학기술원, *기초과학지원연구소

유한한 폭의 안테나가 고려된 helicon 방전 장치 내의 전자기장에 대한 해석적 해를 구하고 이를 바탕으로 helicon 방전 장치의 total impedance를 구하였다. 방전장치와 플라즈마의 다양한 변수, 즉 안테나 선폭, 안테나와 플라즈마 column과의 거리, 안테나의 길이, 방전관의 길이, 플라즈마 밀도, 전자의 collisionality 와 외부 자장의 세기 등에 대한 방전 장치의 total impedance 의존성을 조사 하였다.

Helicon 장치를 축방향에 수직하게 자른 단면을 플라즈마 column과 안테나 그리고 conducting wall에 의해서 구분 되어지는 세 영역으로 나누고, 각영역에 대하여 Maxwell 방정식을 푼다. 방위각 방향과 축 방향의 의존성을 $e^{i(m\theta+k_n z)}$ 로 가정 했을 때, 각 영역에서의 Maxwell 방정식은 다음과 같다.

1) 플라즈마 column

$$\varepsilon^z E_z^{mn} - \frac{1}{2(\varepsilon^+ - N^2)} L_m(NB_z^{mn} - \varepsilon^+ E_z^{mn}) + \frac{1}{2(\varepsilon^- - N^2)} L_m(NB_z^{mn} + \varepsilon^- E_z^{mn}) = 0$$

$$\varepsilon^z B_z^{mn} - \frac{1}{2(\varepsilon^+ - N^2)} L_m(-NE_z^{mn} + B_z^{mn}) + \frac{1}{2(\varepsilon^- - N^2)} L_m(NE_z^{mn} + B_z^{mn}) = 0$$

2) 플라즈마 column을 제외한 나머지 진공 영역

$$L_m(E_z^{mn}) + (1-N^2)E_z^{mn} = 0$$

$$L_m(B_z^{mn}) + (1-N^2)B_z^{mn} = 0$$

위의 식에서, L_m은 Bessel operator를 나타내고, ε^+, ε^-, ε^z, N 은 각각 $E_r + iE_\theta$, $E_r - iE_\theta$와 E_z 에 대한 유전상수들과 reffractive index를 나타 낸다. 반경 방향에 대해서는 c/ω로 규격화 하였다. 이들에 대한 해를 구한후, 경계 조건을 이용하여, 주어진 안테나 전류에 대한 전자기장의 크기를 결정 하였다. 구해진 전자기장으로부터, 전기장 정의(field definition)에 의한 플라즈마 및 안테나의 impedance를 계산하였다.