衝突輻射モデルに基づく発光分光計測による低気圧マイクロ波放電Arプラズマの電子温度・密度診断

Diagnostics of Electron Temperature and Density of Low-pressure Microwave Discharge Ar Plasma by Optical Emission Spectroscopy Based on Collisional Radiative Model

東工大[1]　○山崎文徳[1]，根津篤[1]，赤塚洋[1]

Tokyo Institute of Technology[1], ○Fuminori Yamazaki[1], Atsushi Nezu[1], Hiroshi Akatsuka[1]

E-mail: yamazaki.f.ac@m.titech.ac.jp

1.はじめに

受動的な発光分光計測のみで行うことが出来る電子温度T_e・密度N_e診断の手法は、非平衡プラズマに対しては十分に確立されていない。そのため、比較的簡便で安価な装置を用いてT_e・N_eを診断できる手法の開発が望まれている。そこで、筆者らは衝突輻射モデル[1](Collisional Radiative Model: CRモデル)に基づき、複数の発光線からT_e・N_eの診断を行うモデルを作成した。本研究では、作成した診断モデルの有用性を実験的に検討したので報告する。

2.診断モデルの作成

本研究ではArプラズマを対象とする。本研究で提案する診断モデルとは、従来のCRモデルを逆に解く、つまり発光分光計測から求めた励起状態数密度を入力値としてレート方程式を逆に解くことでT_e・N_eを求めるものである。その際、Arガス圧力は1.33×10^2 Pa、原子温度は500 K、電子エネルギー分布関数はMaxwell分布もしくはDruyvesteyn分布を想定した。また、T_e [eV]及びN_e [cm^{-3}]は$2.0\leq T_e\leq4.0$、$1.0\times10^{10}\leq N_e\leq1.0\times10^{12}$程度と想定された。但し、Druyvesteyn分布の場合、平均エネルギー$\langle\varepsilon\rangle=3/2k_BT_{eff}$として実効的な電子温度$T_{eff}$を定義した($k_B$:ボルツマン定数)。作成したモデルは、$T_e$診断が5p及び6p準位、$N_e$は4s,4p及び5s準位を用いて記述されたモデルである。

3.実験概要

上記の診断モデルを検証するため、発振周波数2.45 GHz、放電管半径1.3 cm、放電電力100, 300, 500 Wのマイクロ波放電プラズマに対し、導波管中心からの放電管軸方向距離が10, 14, 18 cmにおけるT_e・N_eを以下の二つの方法で計測した。**(1)発光分光計測**: プラズマからの発光を分光機器で受光し、絶対感度校正により求めた量子効率から励起状態数密度を計算した。その励起状態数密度を入力として筆者らが提案する診断モデルを解き、T_e・N_eを求めた。**(2)静電プローブ計測**: 比較のため、対称ダブルプローブを用いてT_e・N_eを求めた。

4.実験結果

Figure 1及び2に示すように、プローブ計測によるT_e・N_eと発光分光計測によるT_e・N_e診断の結果は、Maxwell分布の場合でもDruyvesteyn分布の場合でも傾向が一致した。つまり、T_eに関しては導波管中心から離れるにつれ一度低下したT_eが再度上昇するという傾向が一致し、N_eに関しては放電させる電力が上昇すると共にN_eも上昇するという傾向が一致した。

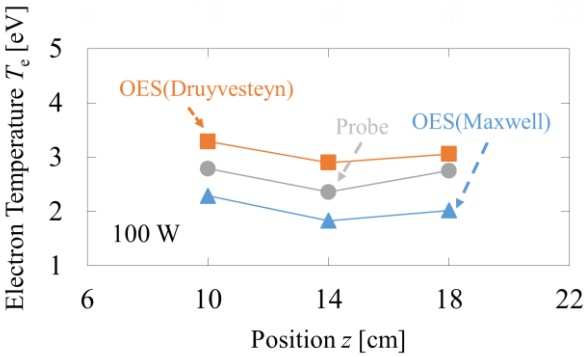

Fig1. Diagnostics Result of T_e

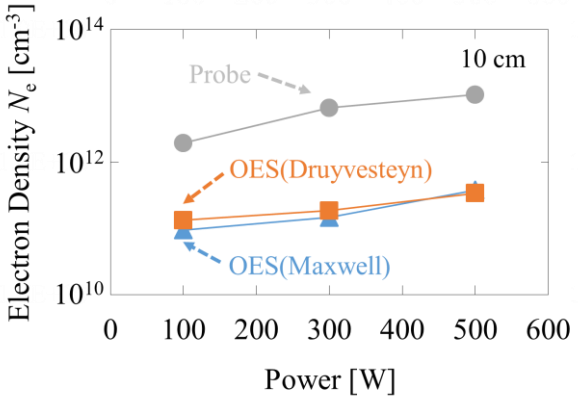

Fig2. Diagnostics Result of N_e

参考文献

[1]J. Vlček, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **22.**, (1989) 632.