

高分散高時間分解分光器を用いた ECR プラズマのイオン温度揺動計測 Measurement of ion temperature fluctuation in ECR plasma using high dispersion high time resolution spectrometer

岡本敦, 吉村信次¹, 寺坂健一郎², 田中雅慶², 藤田隆明
A. Okamoto, S. Yoshimura¹, K. Terasaka², M.Y. Tanaka², T. Fujita

名大院工, 核融合研¹, 九大総理工²
Nagoya Univ., NIFS¹, Kyushu Univ.¹

核融合科学研究所の高密度プラズマ発生装置 HYPER-I では電子サイクロロン共鳴 (ECR) プラズマが生成され、電子エネルギー分布にバースト的にテイル成分が発生する現象 [1,2] が観測されている。電子加熱プラズマのエネルギー緩和を検討することは重要であり、バースト現象のタイムスケール ($\sim 10^{-5}$ s) 程度での時間分解イオン温度計測が望まれている。ドップラー拡がりを用いたイオン温度計測には電荷結合素子 (CCD) が広く利用されているが、時間分解能が不足していた。光電子増倍管 (PMT) は高時間分解計測に適切であるが、スペクトル形状測定のために複数チャンネルを結像面で波長方向に並べる必要があり、本研究で想定する比較的低イオン温度の計測には工夫が必要であった。

本研究では、二つのスリットで得られる光強度比からドップラー拡がり計測を試みる。開発した分光器の概念を図 1 に示す。焦点距離 $f = 850$ mm のレンズと刻線数 2400 lines/mm の回折格子により波長分散した光路を分岐し狭いスリット (Port A, スリット幅 $50 \mu\text{m}$) と広いスリット (Port B, 1 mm) で光電子増倍管により検出する。初めに、CCD 検出器を Port A に設置し、分光器の性能を評価した。光源は低圧 (80 Pa) ホローカソード放電のヘリウムプラズマ [3] を用いた。対象とするイオン線スペクトル (He II, 468.6 nm) および極めて近い参照波長 (He I, 471.3 nm) を用いて波長分解能 (FWHM) 0.017 nm, 逆線分散 0.43 nm/mm を得た。

続いて、HYPER-I においてヘリウムプラズマの分光実験を行った。図 2 は浮遊電位と分光器 Port A/B に設置した光電子増倍管信号の時間発展である。5 秒間のデータ蓄積で、 10^4 イベントを超える PMT 信号を収集した。PMT 信号が観測された時の浮遊電位により、平均 μ からのずれが 2σ (σ : 標準偏差) 以内の場合と、大きな負のスパイクにより $\mu - 3\sigma$ を下回る場合に区分し、Port A (スリット狭) の計数率の Port B (スリット広) の計数率に対する比を求めた。その結果、浮遊電位の平均まわりでは計数率の比が 0.252 ± 0.010 であったのに対し、大きな負のスパイク時には 0.36 ± 0.02 であることが明らかとなった。比の上昇はスペクトル幅が狭まることに対応し、電子エネルギー分布にバースト的にテイル成分が発生するときにイオン温度が低下している可能性を示唆している。

本研究は核融合科学研究所一般共同研究 (NIFS18KBAP044, NIFS16KBAP029) の支援のもの行われた。

- [1] K. Terasaka, *et al.*, Phys. Plasmas **25**, 052113 (2018).
[2] S. Yoshimura, *et al.*, Plasma Fusion Res. **10**, 3401028 (2015).
[3] A. Okamoto, *et al.*, Plasma Fusion Res. **2**, 029 (2007).

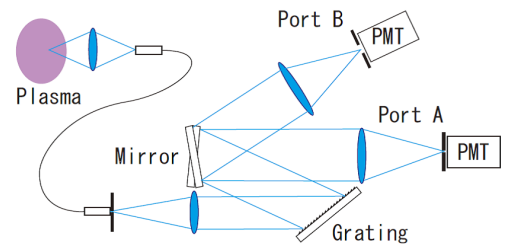


図 1: 高分散高時間分解分光器の構成

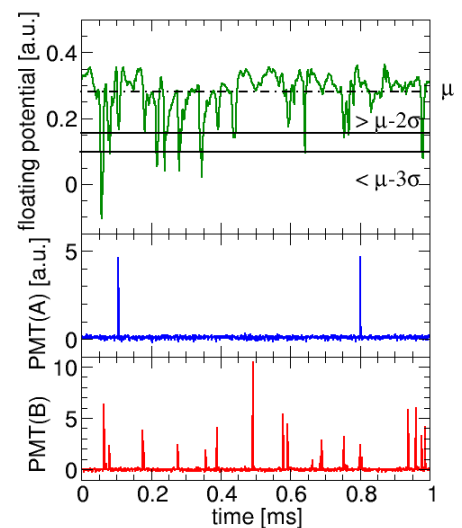


図 2: (上) 浮遊電位、(中) Port A PMT 信号、(下) Port B PMT 信号の時間発展