

25pB24P X線計測に基づく高強度電子加熱下でのプラズマ電位閉じ込めの評価

Evaluation of Plasma Potential Confinement based on X-ray Diagnostics during Strong Electron Cyclotron Resonance Heatings

深井隆行、小波蔵純子、長 照二、平田真史、沼倉友晴、横山 昇、
富井大和、木南瀬里奈、時岡 優、三宅泰宏、清水清昭、齋藤則生¹、斎藤輝文¹
筑波大学プラズマ研究センター、産業技術総合研究所¹

T. Fukai, J. Kohagura, T. Cho, M. Hirata, T. Numakura, N. Saito¹, T. Saito¹ et al.,
Plasma Research Center, University of Tsukuba, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology¹

最近ガンマ10で、高電位生成に基づく電場シアーによりプラズマが安定化される現象が観測されている[1]。本研究では、この電位/電場生成の物理機構解明を目的に、従来計測が困難であった数百 eV 領域からのX線エネルギー波高分析(PHA)が可能で、「超低エネルギー波高分析可能半導体検出器」を開発し、放射光を用いてその感度特性の評価を行った。

感度の評価実験は、産業技術総合研究所の放射光施設(TERAS)に於いて行った。高輝度光源である放射光の特長を生かし、検出器の前増幅器である電荷型増幅器のフィードバック・コンデンサの充放電時間を利用した電流モード計測を行う計測手法の工夫に拠り、1keV以下のエネルギー領域の感度評価が可能となった。その結果、本検出器は、その特殊な真空窓構造に拠り、従来PHA法では計測が難しかった1keV以下の低エネルギー領域に於いても、十分な感度を持つことが確認された。

本検出器とともにNaIシンチレータ検出器を使用し、ガンマ10の主要閉じ込め領域であるセントラル部において、軟X線領域に加え、硬X線領域も含めた詳細なX線エネルギー波高分析を実施した(図1)。本計測に拠り、低エネルギーバルク電子成分から高温成分を含む電子速度分布関数を導出し、タンデム・ミラーの電位生成の代表的理論であるCohenの電子サイクロトロン加熱理論、並びにPastukhovの生成電位効果の理論の二つを統合する、電位生成と電位のプラズマ閉じ込めの効果に対する「新統合理論」[2,3]を電子のエネルギー・バランスの観点から検証・比較を行い、良い一致を得たので、これらについて報告する。

[1] T. Cho et al., J. Plasma Fusion Res. **80**, 81 (2004).

[2] T. Cho et al., Nucl. Fusion **43**, 293 (2003).

[3] T. Cho et al., Phys. Rev. Lett. **86**, 4310 (2001).

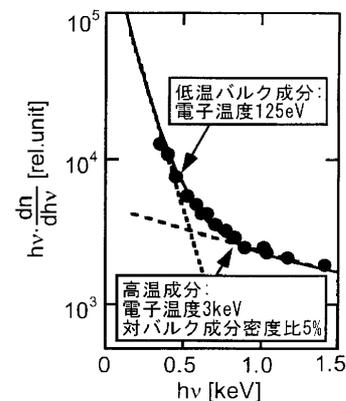


図1 ガンマ10セントラル部の軟X線エネルギー・スペクトル

25pB25P

新型イオン・電子電流同時計測器の開発

Development of a Novel Detector for Simultaneous Measurements of Ion and Electron Currents

三宅泰宏、平田真史、長 照二、小波蔵純子、沼倉友晴、時岡 優、清水清昭、
深井隆行、横山 昇、富井大和、木南瀬里奈
筑波大学プラズマ研究センター

Y. Miyake, M. Hirata, T. Cho, J. Kohagura, T. Numakura, S. Tokioka, K. Shimizu,
T. Fukai, N. Yokoyama, Y. Tomii, S. Kiminami
Plasma Research Centre, University of Tsukuba

電位によるプラズマ閉じ込めは、タンデム・ミラー型プラズマ閉じ込めの本質であり、閉じ込め電位形成の物理機構、電位によるプラズマ閉じ込めの物理機構を明らかにし、プラズマ閉じ込めを評価することは、タンデム・ミラー型プラズマ閉じ込め装置の研究の将来性に繋がる本質的な研究課題である[1]。このプラズマ閉じ込め装置の開放端磁場に沿って流出する端損失粒子を測定し、プラズマ閉じ込め性能を評価するため、我々は「新型イオン・電子電流同時計測器」を開発した。

本計測器は平行平板構造により、入射イオンと電子の軌道を電場偏向させることにより、イオンと電子を確実に分別計測する(図1)。偏向電極板の印加電圧を正・負と反転させることにより、入射イオン及び入射電子の計測が可能である。また、従来からプラグ部等の電位計測に用いられてきたファラデー・カップとは異なり、コンタクトに入射したイオン・電子により発生した二次電子を、電極板に平行なプラズマ閉じ込め磁場を利用し、磁力線の周りに回転させてコレクターに再回収することで、二次電子抑制グリッド無しに二次電子ノイズを簡便な構造で完全に抑制できる特長を持つ。[2]

本研究では、新型イオン・電子電流同時計測器確立のため、有限要素法による計測器内部の電場分布計算、リング・クッタ法による入射粒子の軌道計算を行い、実際の計測環境であるガンマ10装置に適用し、端損失イオン計測、端損失電子計測、更に、電極板の電圧を掃引することにより端損失イオン電流量と端損失電子電流量の同時計測を行った(図2)。

以上により、本計測器を開放端プラズマ計測に適用し、入射イオン・入射電子を個々あるいは同時に計測可能で、かつ二次電子の影響を受けない「新型イオン・電子電流同時計測器」として開発・確立した。

更に、本計測器はイオンもしくは電子電流計測時は他方の粒子を計測器後方に逃がす構造のため、同一時間帯では一方の粒子のみの計測しか行うことができないという問題を改善するため、他方の粒子を偏向電極板に導き、偏向電極板電圧を掃引すること無くイオン・電子の常時・同時計測を行うことを考案している。この新提唱改良型計測器の開発についても、併せて報告する。

[1] T. Cho et al., in Proceedings of 19th IAEA Fusion Energy Conf. (Lyon, 2002) IAEA-CN-94/EX/C1-4Ra.

[2] M. Hirata et al., Review of Scientific Instruments **74** (2003) 1913.

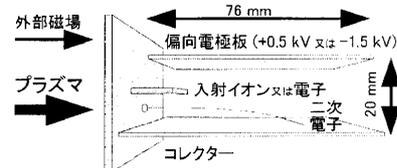


図1: 新型イオン・電子電流同時計測器

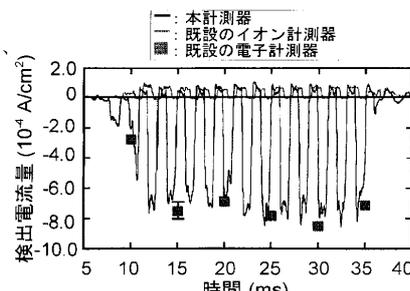


図2: 端損失イオン・電子電流量同時計測