

氏名(本籍)	坂本 宜 照 (千葉県)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 1,844 号		
学位授与年月日	平成10年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	物理学研究科		
学位論文題目	Study of Potential Confinement for Ions Using a Novel Ion Energy Spectrometer (新型イオン・エネルギー・スペクトル分析器を用いたイオンの電位閉じ込めに関する研究)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	長 照 二
副 査	筑波大学教授	理学博士	三 明 康 郎
副 査	筑波大学教授	理学博士	谷 津 潔
副 査	筑波大学助教授	理学博士	石 井 亀 男

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文では、(i) タンデム・ミラー型プラズマ閉じ込め装置ガンマ10の特徴である、解放磁場端部からのプラズマ損失を抑制する、プラズマ閉じ込め電位の生成物理機構の研究、並びに(ii)これに基づく電位生成の比例則の解明、更には(iii)その生成電位のプラズマに与える効果の研究を行った。このとき、(iv)本研究を遂行するための基盤となる「新方式斜入射型イオン・エネルギー・スペクトル分析器」の設計・開発を、「従来型の静電エネルギー分析器」の構造を一新し、独自の新しいアイデアに基づき行った。

ガンマ10では、(1)kVオーダーの高い閉じ込め電位を生成するが、イオン温度が1keV程度の、「高電位生成モード」と、(2)10keVの高いイオン温度を生成し重水素-重水素核融合反応に基づくニュートロン発生を伴うが、閉じ込め電位は0.5kV程度の、「高温イオン・モード」の、2つの典型的プラズマ生成・加熱運転モードがある。この2種類の運転モードに於ける電位生成の物理機構に共通するポイントを解明することによって、今後、高いイオン温度をもち、且つ高い閉じ込め電位の両立する運転モードの確立へ、指針が得られるものと考えられる。本論文は、これらの基盤を与えるデータを収集すべく、先ず新型計測器開発から始め、上述の物理機構解明・比例則確立のための一連の研究成果を纏めたものである。

先ず、本新型計測器は、「従来型の静電エネルギー分析器」の問題点であった、数10keVの入射電子がイオン計測時にコレクターに流入し、大きなノイズ成分となっていた点を抜本的に改善すべく、イオンと電子の詳細な軌道計算に基づき両者を弁別する静電場配位を求め、実際に計測器の設計・開発・イオン源を用いた基盤特性検証実験を行い、その設計性能を実証した。また、イオン・エネルギー・スペクトルのプラズマ半径方向分布を単一ショットで測定することのできる、新型計測器アレイを開発し、加えて、半導体イオン検出器を端損失イオン計測に適用し、より高感度の測定ができることを示した。

次に、この新型スペクトル分析器を用いて、上記の二つの主要モードの統一的な物理機構の研究を行い、両モードそれぞれの「電子温度と生成電位間の関係」を新たに導入し、これを媒介にすることによって、プラグ部のイオン閉じ込め電位と、バリア部のサーマルバリア電位の両者の間に、米国のコーエンが提唱した「強い電子サイクロトロン加熱理論」に基づく、電位生成比例則が成立していることを実証した。これにより、両モードの今後の結合・統合への理論的裏付けを、初めて示した。

更に、閉じ込め電位をガンマ10装置片側端部にのみ生成することで、反対側の装置端部への、電位で反射されたイオンのエネルギー・スペクトルを直接測定した。これにより、「電位生成の効果」として、プラズマの磁力線方向のエネルギー輸送が、生成電位により有効に制御されていることを見出し、定量的にその評価を行った。

審査の結果の要旨

本論文では、タンデム・ミラー型プラズマ閉じ込め装置の最大の特徴である、電位によるプラズマ閉じ込めに関して、(1)ガンマ10装置の主要な二つのプラズマ生成・加熱運転モードである、「高電位生成モード」と「高温イオン・モード」両者に共通する基礎物理機構、並びに比例則を研究し、それぞれのモードの「電子温度と生成電位間の関係」を新たに導入し、両者の電位生成機構として、コーエンが提唱した「強い電子サイクロトロン加熱理論」が成立することを初めて実証した。本研究は、将来の両モードを統合し、それぞれの優れた特徴を両立させた、更なるプラズマ生成・閉じ込めを視野に置いた研究成果として、高く評価できる。

(2)加えて、本論文では生成電位が、イオン・エネルギーにもたらす効果として、磁力線方向のエネルギー輸送について解析し、生成電位が有効に輸送を制御していることを見出し、定量的にその評価を行った。

(3)また、これらの成果を得るために本質的に役立った、「新型イオン・エネルギー・スペクトル分析器」を自ら考案し、粒子軌道シミュレーション・設計・イオン源による特性の評価等を行い、その優れた性能を実証した。

以上の様に、本研究は、プラズマ閉じ込め電位形成機構とその比例則、並びに電位のプラズマへの影響及び効果の研究から、新型イオン・エネルギー・スペクトル検出器の設計・開発に互る、重要な研究成果を纏めたものと認められる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。