

【99】

氏 名 (本 籍)	逆 井 章 (茨城県)
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	博 乙 第 264 号
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 60 年 7 月 31 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
審 査 研 究 科	物 理 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	Studies of Hot Electron Production and its Behavior (高温電子の生成及び振舞の研究)
主 査	筑波大学教授 理学博士 三 好 昭 一
副 査	筑波大学教授 理学博士 澤 田 克 郎
副 査	筑波大学助教授 理学博士 河 辺 隆 也
副 査	筑波大学助教授 理学博士 谷 津 潔

論 文 の 要 旨

本論文は、タンデムミラー・ガンマ 10 装置のバリア部に生成された、高温電子の生成過程を時間及び空間依存として計測解明し、その生成機構を考察して明らかにすると共に、サーマル・バリア形成との相関を検討、考察したものである。

タンデムミラーのセントラル部とプラグ部の間の電子による熱伝導を減少させ、プラグ部の電子加熱効率を高める為には、両部分の間に、サーマルバリアと呼ばれる電位の低い部分を作る事が、タンデムミラーによる核融合実現の為に重要である。サーマルバリアを形成するには、高電力マイクロ波をバリア部に入射し、電子サイクロトロン共鳴加熱(ECRH)に依り、バリア部に捕捉される高温電子を作る事が提案されている。

高温電子によるサーマルバリアの形成実験は、米国のTMX-U装置に於いて一件のみ報告されているが、同装置では磁場の非対称部にサーマルバリアを形成し、マイクロ波の入射配位を含め、ガンマ 10 と大きく異なったものとなっている。またTMX-Uでは高温電子自身の空間分布等、報告されておらず、この点に於いても、本論文の報告は新たな特徴を有している。

本論文では、この高温電子の生成過程に関し、(1)軟X線トモグラフィ計測、(2)反磁性ループ信号計測、及び(3)軟X線エネルギー波高分析(PHA)等の計測器を設計、製作しこれを用いて研究を行った。

この結果、(1)軟X線トモグラフィ計測より高温電子の半径方向の空間分布は、真空容器の中心軸

に最大値をもつ中心までつまった分布をしている事が計測された。この分布はサーマルバリアをプラズマ柱の中心付近のコア・プラズマに対して有効に形成する為に重要であると考察される。(2)高温電子の軸方向分布は反磁性ループ信号の軸方向強度分布より、約1mにわたり分布している事が分かった。(3)高温電子温度 $T_{en}$ の時間変化に関して、軟X線PHAを用いて計測した結果、約50keVで飽和する事が観測された。これは、 $T_{en}$ 増加に伴う、電子の質量の相対論的増大により、入射マイクロ波周波数に対応する電子サイクロトロン共鳴領域が高磁場側に移動し、この結果共鳴領域が入射波のローブからはずれるという、電子温度飽和の物理機構を、初めて実験により示した。この結果は、バリア部の高温電子温度が高くなりすぎると電磁流体力学的不安定性が生ずる事を考慮すると、却って積極的に利用しうる物理特性である事を考察した。(4)高温電子密度 $n_{en}$ の絶対値に関して、時間変化を軟X線PHA及び反磁性ループ信号、加えて軟X線トモグラフィー計測に依る高温電子密度の半径方向の拡がりをも総合して解析し、バリア部の全電子密度 $n_b$ に対する割合が $n_{en}/n_b \simeq 0.8$ となる事がECRH開始後50msで得られる事を見出した。これは、サーマルバリア形成理論から予想される高温電子の必要量を、十分に充している事を示した。(5)高温電子の生成量は、供給された中性ガス量又は低温電子の量に依存する事を示した。(6)入射マイクロ波の電子による吸収の物理機構を更に調べる為に、反磁性信号及び軟X線トモグラフィー計測を用いて、バリア部の磁場を変化させて、電子サイクロトロン共鳴領域を空間的に変化させた時、高温電子の生成効率及び空間分布を計測した。この結果、高温電子は、マイクロ波ビームが共鳴領域と交わる領域で生成される事が観測された。これは、高温電子が入射マイクロ波の電子サイクロトロン減衰により、加速或いは加熱された結果、生成されたと解釈される。これを計算機に依り、マイクロ波(異常波)ビームの伝播とその共鳴吸収の考えに基づき、軌道計算を行い、得られた吸収プロファイルと比較し、よい対応が得られる事を示した。

以上、本論文は、バリア部に生成された、高温電子の生成機構は、入射マイクロ波のシングル・パスによる電子サイクロトロン共鳴吸収による事を明らかにし、且つ生成された高温電子は、サーマルバリア形成に対して十分な量であり、空間分布も望ましい形状を有する事を、実験的に検証し、考察をほどこしたものである。

## 審 査 の 要 旨

高温プラズマを閉じ込めるに、ミラー磁場と閉じ込め電位を組み合わせたタンデムミラー法がある。閉じ込め電位を少い外部入力でも効率よく作るためにサーマルバリア電位形成が考えられる。本論文においては、サーマルバリア形成に必要な超高温電子の生成機構を相対論効果を導入して、電子波動共鳴加熱により説明し、実験結果を解明したことはミラー型核融合研究に極めて重大な貢献をし、将来この研究発展の基礎を作ったものとして評価できる。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。