

氏名(本籍)	よしむらやすお 吉村泰夫(群馬県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第1,672号
学位授与年月日	平成9年3月24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	Studies of Potential Formation and Heat Flow Control in the Edge Region of the GAMMA 10 Tandem Mirror (ガンマ10タンデムミラーの端部における電位形成と熱流制御の研究)
主査	筑波大学教授 理学博士 玉野輝男
副査	筑波大学教授 理学博士 谷津潔
副査	筑波大学教授 理学博士 三明康郎
副査	筑波大学助教授 理学博士 斉藤輝雄

論文の内容の要旨

タンデムミラー核融合実験装置では、ミラー磁場と共に、プラズマ内に形成した電位によりプラズマの閉じ込め性能の改善を図っている。プラズマ閉じ込め電位は、電子加熱により電子の速度分布を変化させることによって形成され、電位分布とプラズマの粒子・熱輸送は密接に関連している。本研究は、タンデムミラー装置端部の開放磁場領域(エンド部)における電位分布及びその形成機構を調べると共に、磁力線に沿った装置端への熱損失を制御することを目的としている。

これまでのエンド部電位の研究では、プラズマ閉じ込め部(プラグ部)の電位とエンドプレート電位だけが測定されていた。特に、最大磁場部(ミラースロート部)の電位が測定されておらず、また、最大電位を与えるプラグ電位とミラースロート部の位置関係も未確認のままであったので、磁力線方向の電位分布を理論的に求めたモデルとの検証は十分ではなかった。本研究では以上の課題を解決するために、ガンマ10両エンド部の6ヶ所に静電プローブを設置し、これらによる電位計測と、ガンマ10の既存の電位計測とを合わせて、ガンマ10全体にわたる磁力線方向電位分布及びエンド部における三次元電位分布を得た。

さらに、エンドプレートからの二次電子がプラズマ閉じ込め領域に流入することにより増加する端損失熱流を軽減するために、エンドプレートからの二次電子放出を抑制する実験(メッシュバイアス法及びサーマルダイク法)を行った。メッシュバイアス法はエンドプレート前面に張った透過率の高いステンレスメッシュに、エンドプレート電位に対して負の電位を印加することにより二次電子を押し戻す方法である。サーマルダイク法では、二次電子を磁力線に垂直方向に加熱することにより、二次電子の磁気モーメントを増大させ、ミラー反射させて追いつく方法である。この両実験において観測されたエンド部の電位分布の変化の機構を、電位モデルと比較検討した。

以下に本研究の結果をまとめると、

(1)プラズマ生成方式の違いにより、プラグ電位形成加熱電力に対するプラズマ各部の電位の変化の様子は大きく異なる。しかし、これらの相違に関わらず、プラグ部とエンドプレートの間の電気差は、端損失電子の実効密度と単一の比例則で関係づけられる。このことは、プラズマ内の粒子・熱輸送に対して重要なのは絶対的な電位ではなく、各部の間の相対電位差であり、この電位差を決定するのは電子温度であることを示している。

(2)プラグ部電子加熱の有無により、エンド部の電位分布と端損失電子のエネルギー分布は大きく変化する。しかし、電子温度で規格化した電位分布はプラグ部電子加熱の有無によらない。また、測定された電位の軸方向分布は、モデルの予想するものとはほぼ一致し、プラグ電位が磁場の最強面付近に形成されていることを明らかにした。

(3)メッシュバイアス法により端損失電子束を約1/2に、端損失電子に起因する熱損失をほぼ2/3に減少させることが出来た。この減少は、二次電子放出を抑制したことによる、電氣的に浮遊したエンドプレート電位の降下によるものである。この時、エンドプレートの手前では逆に電位が上昇する。これは、二次電子放出の抑制に対応してプラズマの荷電中性を成り立たせるための電位変化と考えられ、電位モデルの予想する二次電子放出の抑制に対する電位変化とはほぼ一致する。

(4)二次電子の抑制にサーマルダイク法を用いた場合、二次電子のみならず、エンドプレートの負電位で跳ね返された一次電子も加熱されて、強磁場部とエンドプレート間に捕捉された電子（ユシマノフ電子）になる可能性がある。ユシマノフ電子の形成は熱流制御の妨げとなるので、ユシマノフ電子の存在を検討する必要がある。この目的で、メッシュバイアス法により二次電子が抑制された状態に、サーマルダイク法を重畳して、ユシマノフ電子の効果を調べた。サーマルダイクを重畳すると、エンドプレート手前の平坦な電位はメッシュバイアスのみの場合からさらに降下する。これは、ユシマノフ電子の増加によるものと考えられ、電位モデルの予測と同じ傾向を示す。

審 査 の 結 果 の 要 旨

この論文は、タンデムミラー核融合実験装置の端部における電位機構の詳細と端部に流出する熱流との関係を実験的に調査し、理論的モデルとの比較検討を行い、実験結果が理論的に予想される結果と概略一致することを確かめた。特に、エンドプレートから放出される二次電子を制御することにより、端部へ流出する熱流が減少する可能性の基礎を実験的に確認したことは意義が深い。また、端部に捕捉されたユシマノフ電子の電位に及ぼす効果を観測し、ユシマノフ電子の存在を実証したことは将来の熱流制御の考察に多大の貢献をもたらすものである。

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。