



Title	Studies on Plasma Production in Multicusp Sources for Fusion NBI System
Author(s)	小坂, 宣吉
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44227
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	小 坂 宣 吉
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学 位 記 番 号	第 17840 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	Studies on Plasma Production in Multicusp Sources for Fusion NBI System (核融合用加熱システムのための磁気多極型プラズマ源におけるプラズマ生成に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 堀池 寛 (副査) 教授 飯田 敏行 教授 三間 圭興 教授 西川 雅弘 教授 田中 和夫 教授 西原 功修 教授 朝日 一 教授 粟津 邦男

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、核融合用加熱システムのための磁気多極型プラズマ源におけるプラズマ生成に関する研究をまとめたものであり、同プラズマ源における負イオン生成の高効率化及びプラズマ中性化セル用プラズマ源としての閉じこめ性能について主に基づき評価した。本論文は以下の 5 章により構成された。

第 1 章では序論として、核融合の開発における中性粒子入射加熱 (NBI) の必要性について言及し、NBI システムにおける負イオン生成メカニズムの解明及び、プラズマ中性化セルの重要性について述べた。

第 2 章では磁気多極型プラズマ源における負イオン生成と放電特性の研究について述べた。磁気フィルターをプラズマ源内部に挿入し、電子温度の異なる 2 つの領域に分ける事で負イオン生成の高効率化を目指し実験を行った。負イオンの生成に適した磁場配位を見つけ出し、磁気フィルター磁場・電子温度・プラズマ密度の関係を分析する事で負イオンの生成を促す要因を明らかにした。またプラズマ源内部の放電電子の挙動に注目し、ラインカスプ付近の熱負荷分布測定により放電電子の移動経路を初めて解明した。

第 3 章ではコイル型磁気フィルターによる負イオン生成の高効率化に関する研究について述べた。コイル型磁気フィルターでは、プラズマ源内部を放電室と生成室の二領域に分離する磁場を任意の値に変化させる事ができ、各領域で負イオン生成に最適な電子温度とプラズマ密度が得られるような条件を実験的に探した。また磁気フィルターの面積がプラズマ損失の原因となるため、磁気フィルターとプラズマ電極をバイアスすることでその損失を軽減させ、負イオン生成が最適化できる事を示した。

第 4 章では中性化セル用大型プラズマ源における磁場配位の効果について述べた。中性粒子入射加熱装置の効率は主に中性化効率で支配され、プラズマ中性化セルでは 80% の変換効率が得られた。イオンビームを通す径を確保する必要があり、そこには閉じ込め用のカスプ磁場は配置できなかった。そこで第 2 章での成果を応用し放電電子を装置端で折り返す工夫をした新たな磁場配位を追求した。その結果プラズマ中性化セルに要求される低放電ガス圧・高電離度が達成可能であることを初めて実験的に示した。

第5章では本研究で得られた成果を総括し、本論文の結論とした。

論文審査の結果の要旨

学位申請者は、プラズマ加熱用の中性粒子入射システムの高性能化を目指し、負イオン生成の高効率化とプラズマ中性化セルの閉じ込め性能について実験的に研究している。核融合炉において高密度のプラズマの加熱・電流駆動を行うには、高エネルギーの中性粒子ビームが必要である。ビームの元となる負イオンを生成するための磁気多極型プラズマ源は、構造が簡単であるが負イオン生成機構が複雑で、高い電流密度を得ることが困難である。基礎的な実験により負イオン生成機構を追求することは中性粒子入射加熱システムの高性能化のため非常に重要である。本論文では、その心臓部である磁気多極型プラズマ源におけるプラズマ生成と閉じ込め性能に関する実験研究をまとめたものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) 磁気フィルターを細い銅管で作ることにより、フィルター磁場を変化させる実験を可能とし、 H^- の生成に適した条件を追求している。その条件はフィルター磁場の増加によって、電子温度が減少し H^- の損失量が減少することと、プラズマ密度が下がり H^- の生成量が減少することのバランスで決まることを見いだしている。
- (2) 磁気フィルターを静電的にバイアスし、磁気フィルター挿入に伴うプラズマ粒子の損失を軽減することを追求している。その結果、プラズマが安定化し電子温度も負イオンの電子剥離を防げる値まで低下させられることと、生成室のプラズマ密度も増加させられることを見いだしている。更に、生成室のプラズマ密度を増加させるため、プラズマ電極と磁気フィルターとを静電的にバイアスし、磁気フィルターと共にプラズマ電極へのプラズマの損失を減らすことを追求している。その結果、生成室のプラズマ密度を更に増加させられることが可能であることを示し、水素負イオン源の高性能化の新しい方法を示している。
- (3) イオンビームを通す径を確保しつつ、チャンバー端部の磁場により放電電子を跳ね返し電子の平均自由行程が長くなるような磁場配位を工夫することにより、中性化セル用プラズマ源での閉じ込め性能を改善させることができることを実験的に確認している。水素プラズマにおいてイオン飽和電流を倍以上、密度分布の平坦化、最低放電ガス圧の引き下げが可能であることを実証している。更に磁場の改良を進め、フランジ部にカスプ磁場のない配位でも非常に高い性能を得ることが可能であることを示している。アルゴンプラズマにおいて、充分低いガス圧 (0.2 m Torr) で高い電離度 (5 %) を得られることを実証し非常に簡単な改良で中性化用の大型プラズマ源が実現可能であることを示している。

以上のように本論文は、負イオン生成の基礎的な実験で得られた結果に基づき、負イオンビーム生成の高効率化を目指すことが可能であることと、磁場配位の工夫により高電離度を有するプラズマを得ることでプラズマ中性化セルの実現性を明確に示したものであり、本研究はプラズマ加熱用の中性粒子入射システムの高性能化に大きく繋がるものと考えられる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。