Osaka University Knowledge Archive

Title	コンパクト大容量粒子ビーム源の開発とFRCプラズマへの応用
Author(s)	小寺, 富士
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43377
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【29】

氏　　名	小寺富士（こでら ふじ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17002　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学　位　論　文　名	**コンパクト大容量粒子ビーム源の開発とFRCプラズマへの応用**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　後藤　誠一 （副査） 教　授　萩行　正憲　　教　授　八木　厚志　　助教授　木村　吉秀 助教授　森田　　浩

論文内容の要旨

本論文では、核融合研究においてプラズマ加熱、電流駆動、粒子補給および測定などに利用されている中性粒子ビーム技術に抜本的改良を施し、これを磁場反転配位（FRC）プラズマへ応用する研究を行った結果を示した。

第1章において、本研究の背景としてFRCプラズマを使った核融合の特徴について述べ、本論文の目的及び概要について説明した。

第2章において、研究対象であるFRCプラズマの基本的構造、物理、特徴やその生成法について説明し、本研究で使用したFRC Injection experiment（FIX）装置とその測定装置について述べた。

第3章では、中性粒子ビーム源の主要部であるMW級イオン源と、その駆動電源である最大定格25kV（2MW）の大電力半導体スイッチを使用するコンデンサー電源の開発、ダミーロード及び実機イオン源を使用した性能試験を行った。その結果、電源単体での定格出力運転において設計値を満足する値を確認し、実機試験において研究用イオン源駆動電源として、十分な性能を持った電源であることを確認した。

第4章では中性粒子ビームの測定への応用として、H-He混成ビーム減衰法という電子温度分布の測定法を提案し、開発した。ビームのマルチコード化を目指した開発では、分布推定に必要なコード数として6コードまで開発した。その結果、H-Heビーム間の分離および各コードの分離を確認し、実際のプラズマ測定で妥当な値が得られたことを確認した。

第5章では、FRCプラズマに直接入射する中性粒子ビーム（NB）入射研究を行った。この実験では、FRCの形成過程が従来とは異なることを確認し、またNB入射により封入ガスの電離率を上昇させうるという結果を得た。このNB電離を利用することによって、これまで生成不可能であった$1\times10^{21}m^{-3}$以下の低密度FRCプラズマの生成に成功し、この領域下での特性の測定を行った。その結果、低密度領域下では回転不安定性によって配位が崩壊することなしに続く事を確認し、粒子閉じこめ時間に関しては既存のスケール則に対して2.8倍改善されることを示した。

第6章において、これまでの研究結果について総括した。

論文審査の結果の要旨

現在の磁場閉じ込め核融合プラズマの主流は、トリチウムを燃料と想定したトカマク型と呼ばれている閉じ込め方式に基づいており、第1世代の核融合炉心と考えられている。一方、ヘリウム3を主燃料とし、より環境適合性の高い革新的な閉じ込め方式が第2世代核融合炉として希求されており、FRCプラズマはその有力な候補とされている。本論文は、このFRCプラズマの実験研究を格段に発展させるため、大容量の中性粒子ビームをプラズマに入射すること、およびこれに適合した粒子ビーム源技術の開発について研究した結果をまとめたものであり、主な成果を要約すると次のとおりである。

(1)大容量中性水素ビーム源技術の開発では、コンデンサーバンクを電力の蓄積媒体とし、大電力半導体スイッチ回路により電力の1部を切り出してイオン源に供給するという新しいコンパクトな電源技術を提案し、実際に設計・製作のうえ試験を行い、この方式が極めて有効であることを示している。

(2)多数の半導体素子を直・並列に使用するときの高速の保護回路と光制御インターロック系を開発し、これにより最大25KV 2 MWの電力供給を安全に行わしめるシステムを実現している。

(3)中性粒子ビームの応用のひとつとして、水素・ヘリウム混成ビーム減衰法と名付けた新しい電子温度計測法を提案し、製作した電源とパケット型イオン源を用いてその計測法の有効性を実証している。さらに、その方法を単一ビームからマルチビーム系に拡張することにより、電子温度の空間分布推定法に発展しうることを実験により証拠立てている。

(4)これまで不可能とされていた粒子数密度$1\times10^{21}m^{-3}$以下の低密度領域のFRCプラズマ生成に、大容量粒子ビーム入射による電離機構を活用する方法を提案し、実際に$3\times10^{20}m^{-3}$の低密度FRC形成に成功している。

(6)この低密度領域のFRCプラズマの特性を調べることにより、同一閉じ込め磁場強度に対し通常のFRCより温度は数倍以上高いこと、回転不安定性が発生しないか、発生したとしても崩壊には至らないこと、さらに既存の高密度領域の閉じ込め時間スケーリング則からの予測値より2.8倍長い閉じ時間となること等々の新しい現象を見出している。

以上のように、本論文は、コンパクトで大容量の粒子ビーム源の技術開発と、これを活用した新しいFRCプラズマ生成法を見出しており、応用物理学、とくにプラズマ理工学、核融合学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。