

氏名(本籍)	いま なか まさ し 今 中 雅 士 (大阪府)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 乙 第 1974 号		
学位授与年月日	平成 15 年 12 月 31 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審査研究科	物理学研究科		
学位論文題目	Effect of Magnetic Field Configuration on the Plasma of Liquid-He-Free Superconducting ECR Ion Source (液体 He フリー超伝導 ECR イオン源のプラズマにおける磁場配置の影響)		
主 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
副 査	筑波大学講師	理学博士	新 井 一 郎
副 査	筑波大学助教授	工学博士	市 村 真
副 査	理化学研究所先任研究員	理学博士	中 川 孝 秀

論 文 の 内 容 の 要 旨

著者は多価イオンを高強度で発生させる ECR イオン源について、磁場配位の系統的測定を行い、多価イオンビーム強度を最適化する磁場配位が存在することを見つけた。さらに、レーザーアブレーション法を用いたプラズマ診断を行って、統計加熱モデルで理解出来ることを示したものである。

ECR (Electron Cyclotron Resonance) イオン源は、多価イオンを高強度で発生させることのできることから、重イオン加速器の外部イオン源として重用されるだけでなく、近年、原子物理学の研究や表面処理などの工業的利用も視野に入れた活発な応用研究が展開されている。著者連のグループでは、SHIVA と呼ばれる超伝導 ECR イオン源を作成したが、このイオン源は液体 He を使わないため汎用であるだけでなく、多価イオン領域では世界最高のビーム強度を達成している。しかしながら、ECR イオン源内部のプラズマ状態については、多くのプラズマ研究が対象としているプラズマ状態とは大きく異なっていることから、十分な理解がなされていなかった。ECR イオン源の開発研究も経験則をもとに進められていた。

著者は、世界最高の性能を出すことの出来た SHIVA を用いて、内部の磁場配位を様々に変えることに、種々のイオン強度がどのように変化するか系統的に調べ、最適な磁場配位が存在することを見つけた。この最適磁場配位は SHIVA だけでなく、理研の ECR イオン源 RAMSES でも存在していることを立証した。このような最適磁場配位を理解するために、レーザーアブレーション法と呼ばれるプラズマ診断を行った。その際に反応速度方程式を用いた新しい解析方法を考案し、初めて ECR イオン源中のプラズマの電子密度、電子温度、イオン閉じ込め時間を決定することが出来た。

上述の方法を用いて様々な磁場配位においてプラズマの電子密度、電子温度、イオン閉じ込め時間を系統的に調べ、ビーム引き出し磁場の増加によりイオン閉じ込め時間が増加すること、イオン源中央部の最小磁場の増加により電子密度、電子温度が増加する一方でイオン閉じ込め時間が減少するなどの重要な知見を得ることができた。統計加熱モデルを用いた考察により、最適な磁場配位が存在するのは、電子密度とイオン閉じ込め時間の競合の結果であることが明らかになった。

審査の結果の要旨

多価イオンを高強度で発生させる ECR イオン源の開発研究は、加速器の外部イオン源として原子核物理学の研究に必須の技術であるだけでなく、原子物理学の研究、さらに、表面処理等の工業的応用からも重要な課題となっている。本研究は、新しい解析方法をレーザーアブレーション法によるプラズマ診断法に導入することによって ECR イオン源の内部のプラズマを物理学的に理解することに初めて成功したものである。本論文の結果は今後の ECR イオン源の進展に十分寄与するものと評価できる。

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。