

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |  |
|-------------------|--|
| 題目(和文)            | 電子ビームイオン源入射用多核種生成レーザーイオン源の開発   |
| Title(English)    | Development of a laser ion source for injection of various species into an Electron beam ion source  |
| 著者(和文)            | 関根恵  |
| Author(English)   | Megumi Sekine  |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第9475号,<br>授与年月日:2014年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:林崎 規託,赤塚 洋,井頭 政之,小栗 慶之,矢野 豊彦,中川 孝秀  |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第9475号,<br>Conferred date:2014/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文   |
| Category(English) | Doctoral Thesis  |
| 種別(和文)            | 要約   |
| Type(English)     | Outline  |

本研究は、電子ビームイオン源 (EBIS) のための新しいプライマリーイオン源として、原理と構造がシンプルであり、必要に応じて大強度ビームを生成できる、レーザーイオン源の導入を提案し、その実用化開発を行うとともに、イオンビーム電流波形を新しく制御する方法として、パルスソレノイド磁場の導入を提案・実証したものである。

第 1 章「序論」では、本研究が行われた米国 Brookhaven National Laboratory の重イオン加速器施設について述べるとともに、その電子ビームイオン源 RHIC EBIS のプライマリーイオン源に利用されてきたホロカソードイオン源が抱える問題点について整理し、解決のためにレーザーイオン源を開発すること、また、取り出されたイオンビームの電流波形を制御するために新しくパルスソレノイド磁場の導入提案を中心に、本研究の背景ならびに目的、論文の構成についてまとめている。

第 2 章「原理」では、本研究で取り扱う EBIS 及びレーザーイオン源の構造と動作原理、また、ビームエミッタンスの定義等について述べている。

第 3 章「EBIS 用レーザーイオン源の原理実証機的设计と製作」では、本研究の主題であり新しく開発を行う多核種入射用レーザーイオン源のビーム供給先となる、RHIC EBIS がプライマリーイオン源に求める粒子数 (電荷数) やビームアクセプタンス等の性能に関して整理し、それに従って本研究で開発した、長さ 3 m のソレノイドコイル付プラズマ輸送部を有する、Nd:YAG レーザーイオン源の原理実証機の構成と各部の機能について述べている。

第 4 章「原理実証機による基礎実験」では、前章で述べた原理実証機による基礎実験として、鉄や銅の 1 価イオンを中心に、ソレノイド磁場が無い条件における動作確認実験、ソレノイド磁場通過実験及びダブルレーザー照射実験の結果について述べ、ビーム電流量やパルス波形に及ぼす効果を明らかにしている。また、一般的にレーザーイオン源の利用は困難とされてきた陽子ビームの生成について、 $ZrH_2$ 、 $MgH_2$ 、 $TiH_2$  の水素吸蔵合金の粉末を圧縮固化したものをターゲットに使用し、その実用可能性を検証した結果について述べている。

第 5 章「原理実証機による EBIS 入射模擬実験と実用機の開発」では、本研究において開発を行うレーザーイオン源の実用機から取り出されたイオンビームが、RHIC EBIS に入射するまでの間に、ホロカソードイオン源が供給する数十～数百  $\mu A$  オーダーのピーク電流用に設計された、長さ約 4 m の低エネルギービーム輸送系 (LEBT) を通過する必要があることを述べ、実用機的设计パラメータの取得と最適化を目的に、過去に RHIC EBIS の試験に使用されていた LEBT システムと第 3 章で述べたレーザーイオン源の原理実証機を組み合わせた入射模擬実験を実施し、C、Al、Si、Cr、Fe、Cu、Ta、Au の各 1 価イオンに対する、電荷量やビームエミッタンスの測定値、ソレノイド磁場やダブルレーザーの有無の結果をまとめている。また、原理実証機の入射模擬実験により得られた結果をフィードバックした、多核種入射用レーザーイオン源実用機的设计製作の内容について述べている。この新しいイオン源では、移動式ターゲット

ホルダーの導入により、大気開放を必要とせずに生成イオンを短時間で切り替え可能であり、さらにバッファーガスの必要も無いことから、これまでホロカソードイオン源が抱えていた問題が全て解決されている。

第7章「結論」では、以上の研究で明らかになった内容を総括するとともに、今後の展望と課題について述べている。