

氏 名	佐 野 史 道 さ の ふみ みち
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 640 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 電 子 工 学 専 攻
学位論文題目	INTENSE-ION-BEAM PRODUCTION IN BEAM- PLASM A TYPE ION SOURCES (ビームプラズマ形イオン源における大電流イオンビーム生成)

論文調査委員 (主 査) 教 授 高 木 俊 宜 教 授 佐 々 木 昭 夫 教 授 板 谷 良 平

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ビームプラズマ形イオン源における大電流イオンビーム生成についての理論的実験的研究をまとめたものであり、8章より成っている。

第1章は序論であって本研究を行うに至った経緯と本研究の目的を明らかにし、さらに次章以降の概要を述べている。

第2章は装置の説明であって大電力イオン源装置の構成ならびに試作したビームプラズマ形イオン源の構造を述べている。

第3章は本イオン源の高密度プラズマ生成の手段であるビームプラズマ電離の電離機構を、線形および準線形ビームプラズマ相互作用の理論および線形マイクロ波電離の理論を用いて理論的実験的に考察したものである。ビームプラズマ電離は外部マイクロ波源を必要としない高効率のマイクロ波電離機構であって、イオン源プラズマ生成の手段として非常に有効であることを示している。

第4章はビームプラズマ形イオン源におけるイオン引出し機構について理論的実験的に考察したものであって、本論文の中心的課題が取り扱われている。コレクタから放出される2次電子ビームの準線形緩和過程で得られる高密度電子と入射電子ビーム電子とによるイオン引出し系でのイオン空間電荷中和作用を、1次元解析モデルならびに著者により開発された計算機シミュレーションコードを用いて (i) パービアンズ増加効果 (ii) 光学系の改善効果について検討し、本イオン源が低引出し電圧でも極めて多量のイオン電流を引出し得ることを明らかにしている。また、磁界分布の光学系におよぼす影響に関しても実験的に考察している。

第5章は引出しイオンビームのエネルギー幅特性を述べている。特に、エネルギー幅の入射電子ビーム電流依存性を実験的に検討し、入射電子ビームの進行方向と同方向のイオン引出し (本イオン源は逆方向の引出し) と比較し、入射電子ビーム電流領域が約0.5A以下の通常の動作領域では、本イオン源のイオン引出し方法が優れていることを明らかにしている。

第6章は引出しイオンビームのエミッタンス特性を述べている。エミッタンス値のイオン電流依存性を検討するとともにイオン引出し系およびイオン輸送系の光学系特性についても調べている。

第7章は本イオン源の各種動作ガスに対するビーム成分の測定を述べている。水素については原子状、分子状の各種イオン成分比のモデル計算の結果と実験結果の比較を、アルゴンについては多価イオンの価電状態密度分布の測定結果を、また、アルゴン・水素の混合ガスについてはビームプラズマ電離中に導入される微量ガスに対する高効率電離法の可能性をそれぞれ検討考察している。

第8章は全体のまとめであって、本イオン源が電子ビーム入射形で、しかもマイクロ波加熱形すなわちマイクロ波発振・加熱・電離作用を内蔵するイオン源であることを明らかにした。また、電子によるイオン空間電荷中和作用を積極的にイオン引出し系に適用しプラズマ生成、プラズマ輸送、イオン引出しに関する動作条件の最適化を図れば、高密度で良質の大電流イオンビームを引出すことができることを示している。それによって、本イオン源の最適設計法に対する1つの実際的な指針を提案するとともに、今後の研究開発への有力な知見を与えている。

論文審査の結果の要旨

近年イオン源の利用分野が拡大されていくに従い大電流イオンビームの生成が重要な課題となっているが、本論文はこの課題にたいし、著者の関係するグループで開発が進められているビームプラズマ形イオン源の最適設計法を求めることを目的とし、大電流イオンビームの引出しと言う観点からプラズマ生成、イオン引出し、エネルギー幅、エミッタンス、ビーム成分の各項目について理論的実験的に考察したものであり、主な研究結果は次の通りである。

- (1)ビームプラズマ電離における安定な高密度プラズマ生成はビームプラズマ相互作用により自発的に励起されるマイクロ波のマイクロ波加熱電離機構によることを実験的に立証し、線形マイクロ波理論を導入して、より精度の高い理論解析を試みた。また、高密度プラズマ生成の最適条件を見出すため電離モード分布図を提案し、プラズマ生成の高効率化は外部磁界増加とコレクタから放出される2次電子ビームの積極的加速によるプラズマ生成室への再入射閉じ込めにより達成されることを明らかにした。
- (2)ビームプラズマ形イオン源の1つの特徴であるイオン空間電荷中和作用を用いるイオン引出しを模擬する計算機シミュレーションコードを開発し、このコードを用いて本イオン源のイオン引出しの各種動作特性を考察して多くの有益な知見を得た。特に、2次電子ビームの加速電圧を高めるとイオン引出し系のパービアンスを光学系の悪化を招くことなく容易に5～10倍以上増加させ得ることを見出した。また、イオン引出し方向に減少する適当な磁界分布をとればイオン引出し効率が大幅に改善されることを実験的に見出した。
- (3)入射電子ビーム電流が約0.5 A以下の通常の動作領域ではエネルギー幅は比較的低く安定なイオン引出しが可能であることを見出した。また、従来から行なわれている入射電子ビームと同方向のイオン引出しに比して、本イオン源のように入射電子ビームと逆方向の引出し方式は、この程度の入射電子ビーム電流領域では、よりエネルギー幅の小さい安定な引出しが可能であることを明らかにした。
- (4)他の一般のイオン源と比較して本イオン源のエミッタンス値のイオン電流の増加による増加は少なく、

大電流イオンを引出した場合にも安定な引出しが可能であることを明らかにした。

(5)水素のビーム成分のモデル計算の結果と実験結果とは比較的良好な一致をみ、また、アルゴンの多価イオンの価電状態密度分布の測定結果は多価イオン源への開発の可能性を示すとともに、ビームプラズマ電離を微量の重ガス混合による高効率電離法として応用し得ることも明らかにした。

(6)以上の各項目での考察をもとにビームプラズマ形イオン源における大電流イオンビーム生成のための最適設計指針を提案し、今後の本イオン源の研究開発に有力な指針を与えた。

以上要するに本論文は、ビームプラズマ相互作用による電離機構を実験的、理論的に検討し、入射電子ビームおよび2次電子ビームの空間電荷中和効果を利用したイオン引出し機構を明らかにするとともに、ビームプラズマ形イオン源が良質で良く集束された大電流イオンビームを生成し得る可能性をもつものであることを明らかにしたものであって、学術上、實際上貢献する所が少くない。

よって本論文は、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。